

Slunci blíž

rozhovor s astrofyzikem Petrem Heinzelem nejen o naší nejbližší hvězdě

Petr Heinzel¹, Jana Žďárská²

¹ Astronomický ústav AV ČR, Fričova 298, 251 65 Ondřejov; Centrum excellence Vratislavské univerzity, Kopernika 11, 51 622 Wrocław, Polsko; petr.heinzel@asu.cas.cz

² Fyzikální ústav AV ČR, Na Slovance 2, 182 21 Praha 8; zdarskaj@fzu.cz

Studium hvězd by se pro astrofyziky mohlo zdát téměř zapovězené – to proto, že hvězdy jsou pro detailnější zkoumání opravdu velmi daleko. Ale je tu Slunce – naše nejbližší hvězda. Do jeho výzkumu je zapojeno mnoho vědeckých misí, díky nimž mohou vědci jeho projevy pozorovat v opravdu velkém detailu a výsledky těchto pozorování pak aplikovat i na studium vzdálenějších hvězd. O podrobnostech takového výzkumu jsme hovořili se slunečním astrofyzikem profesorem Petrem Heinzelem ze Slunečního oddělení Astronomického ústavu AV ČR v Ondřejově, který podotýká: „Záření ve sluneční atmosféře, ale i v hvězdných atmosférách obecně a jeho interakce s plazmatem je můj hlavní vědecký zájem. Důležité pro nás je, že můžeme využít veškeré znalosti, které máme o Slunci, a aplikovat je na hvězdy.

■ **Jana Žďárská:** Slunce pohání téměř veškeré procesy probíhající na Zemi. Závisí na něm podnebí, změny teploty i počasí. Spolu s Měsícem se podílí na mořském přílivu a odlivu a napomáhá na zemském povrchu udržet vodu v kapalném stavu. Neúnavně zásobuje povrch Země světlem a teplem. Bez energie Slunce by neprobíhala fotosyntéza. Vy jste celý svůj vědecký život zasvětil právě jeho výzkumu. Mohl byste na začátku našeho rozhovoru popsat, co všechno o naší nejbližší hvězdě již víme?

Petr Heinzel: Na to není snadná odpověď. I když už dlouhá desetiletí pozorujeme na Slunci stejné struktury a jevy, stále jim dost dobře nerozumíme. Situace se ještě dále komplikuje tím, že v posledních desetiletích se výrazně zvýšilo prostorové i časové rozlišení jak pozemních, tak i kosmických pozorování, což bylo nedávno opět dokumentováno na konferenci Hinode/IRIS v Praze¹. Pozorované struktury vidíme ve velkém detailu, na úrovni několika desítek km, a jejich vývoj jsme schopni detekovat na subsekundových časových škálách. Ke Slunci se přiblížila sonda Evropské kosmické agentury² Solar Orbiter a hned první pozorování v EUV³ oblasti ukázala na velmi malé, ale jasné záblesky v koróně, které vědci nazvali „táborové ohně“. Je to, jako když na velké ploše zapálíte mnoho ohníčků. Nyní se diskutuje o jejich významu pro ohřev koróny, což je stále jeden z těch nepochopených problémů. V současné době také došlo k významnému pokroku v analýze nových dat použitím sofistikovaných inverzních metod. Máme-li pozorované spektrum včetně po-



Obr. 1 Dort ve tvaru Slunce, plazma ve formě plamínku a při přehřátí hrozící erupce – běželo to snad už tehdy hlavou současnému významnému slunečnímu astrofyzikovi?

larizace, vhodné inverzní metody nám umožní získat informaci, jak se s hloubkou v atmosféře Slunce mění fyzikální parametry plazmatu a také třeba magnetického pole. Neustále se vyvíjejí nové přístroje na pozorování Slunce, zmínit bych zejména japonský satelit Solar-C, kde bude širokopásmový spektrograf od UV až do infra oboru, dále satelit NASA, nazvaný MUSE, což bude mnohošterbinový UV spektrograf. Největší pozemní sluneční dalekohled DKIST o průměru 4 m již začíná na Havaji pravidelně pozorovat. Díky všem těmto přístrojům vidíme na Slunci stále více a více nových detailů, což nás – sluneční astrofyziky – velmi těší a zároveň motivuje.

■ **JŽ:** Slunce je koule žhavého plazmatu, jedná se o hvězdu hlavní posloupnosti, spektrální třídy G2V, žlutého trpaslíka. Jaké procesy na něm probíhají?

1 J. Žďárská: Hinode – důležité poznatky ve výzkumu Slunce. Čs. čas. fyz. 72, 480–483 (2022).

2 ESA – European Space Agency.

3 Extreme Ultra-Violet.



Obr. 2 Za sebou maturitu, před sebou Matfyz, snad obor fyzika elementárních částic. Nebo to bude všechno trošičku jinak?

PH: Každou sekundu se v jádře Slunce přemění asi 600 milionů tun vodíku na helium a při tomto procesu se přemění 4 miliony tun hmoty na energii. Zářivý výkon Slunce činí téměř 4×10^{26} W, z čehož na Zemi dopadá asi 0,45 miliardtiny. Tok zářivé energie ze Slunce na Zemi neboli sluneční konstanta činí asi $1,4 \text{ kW m}^{-2}$. Každou sekundu Slunce opustí asi 1 milion tun hmoty.

■ **JŽ:** Díky gravitační síle je Slunce hloubkově rozvrstveno. Mohl byste nám přiblížit jeho strukturu?

PH: Směrem do středu narůstá lokální hustota i tlak, což v důsledku znamená i nárůst teploty. Tento nárůst je ještě podtržen činností termojaderného reaktoru v jádře, neboť zde při teplotě 15,7 milionu stupňů a hustotě 152krát vyšší, než je hustota vody, probíhá slučování vodíku na helium, známé jako termojaderná fúze. Jádro zasahuje přibližně do 25 procent slunečního poloměru a plynule přechází ve vrstvu, kde je teplota nižší než ta, při níž mohou efektivně probíhat termojaderné reakce. V této vrstvě sahající od 25 % do 70 % slunečního poloměru se fotony přenášejí difuzí, neustále se srážejí s částicemi látky, na nichž se rozptylují, a tento přenos směrem k povrchu Slunce trvá zhruba 170 000 let. Kdyby dnes jaderné reakce vyhasly, Slunce by nás ještě celou tu dobu zásobovalo svojí energií.

■ **JŽ:** Přibližně na 70 % poloměru však teplota látky poklesne pod dva miliony stupňů. Co se stane při takto výrazném poklesu teploty?

PH: V tuto chvíli zde začínají rekombinovat ionty některých kovů, například železa. Přenos záření difuzí není dost dobře možný, resp. je velmi neefektivní. Až k povrchu se tedy realizuje jiný způsob přenosu, tzv. konvekce, kdy se teplotná energie přenáší pohybem

společně s látkou. Proto tuto oblast označujeme jako konvektivní zónu.

■ **JŽ:** Nad konvektivní zónou jsou pak další vrstvy, kde pobíhají děje, jež právě vy se svými kolegy ve Slunečním oddělení ústavu zkoumáte. Které struktury to jsou?

PH: Jedná se o fotosféru, chromosféru a korónu. Fotosféra je viditelným povrchem Slunce, vidíme ji jako žlutý povrch Slunce pouhým okem. Odtud i pojem „žlutý trpaslík“ – povrchová teplota je 5 778 K a to odpovídá Planckově křivce s maximem ve žluté oblasti spektra. Ve fotosféře je možné pozorovat vrcholky vystupujících proudů z konvektivní zóny, tzv. granule, a hlavně pak sluneční skvrny. Chromosféra Slunce je vyšší, ale poměrně řídká vrstva nad fotosférou, je to vrstva silně ionizovaného plazmatu. Poslední vrstvou sluneční atmosféry je koróna. Ta již nemá viditelnou vnější hranici a rozprostírá se daleko do heliosféry, což je oblast Sluneční soustavy kolem Slunce. Koróna je velmi řídká vrstva a je tak pozorovatelná pouze při úplném zatmění Slunce nebo pomocí koronografů.

■ **JŽ:** Slunce má velmi komplikované a nestabilní magnetické pole. Je právě ono příčinou sluneční aktivity?

PH: Sluneční těleso i sluneční atmosféra jsou doslova protkány magnetickými poli, která se koncentrují do větších struktur. Právě v těchto organizovaných strukturách magnetických polí vznikají všechny projevy tzv. sluneční aktivity jako důsledek proměnnosti polí. Nejznámějšími projevy jsou sluneční skvrny a erupce, nelze však nezmínit i protuberance a v posledních desetiletích hojně studované výrony koronální hmoty CME⁴. Kromě nabitých částic vyvržených erupcemi a CME opouští Slunce i víceméně stacionární proud plazmatu, který označujeme jako sluneční vítr. Jeho podstata je však jiná než u větrů kolem horkých hvězd.

■ **JŽ:** Co všechno bychom si tedy mohli představit pod pojmem sluneční aktivity?

PH: Sluneční aktivity je komplex dynamických jevů, které se vyskytují ve sluneční atmosféře nebo těsně pod ní. Jak již bylo řečeno, jsou důsledkem vývoje, ale i náhlých změn magnetického pole. Globální variace magnetických polí u povrchu Slunce mají cyklický charakter se známou periodou sluneční činnosti, což je zhruba 11 let. Nejvýraznějším projevem sluneční aktivity je počet skvrn a ten se právě mění během této periody.

■ **JŽ:** Projevy sluneční aktivity v heliosféře včetně vlivů erupcí a CME se označují jako kosmické počasí. Jak mohou ovlivnit život na Zemi?

PH: Velké erupce nebo CME mohou způsobit geomagnetické bouře, polární záře, ale i poruchy různých infrastruktur naší civilizace. Na portálu ESA jsou průběžně zveřejňována data a důležité informace týkající se kosmického počasí, které jsou určeny pro ochranu před jeho vlivy. Na přípravě těchto dat se podílí i sluneční patrola Astronomického ústavu AV ČR v rámci projektu SWESNET. Díky tomu mohou například energetické závody včas přijmout ochranná opatření nebo řízení letového provozu změnit letové trasy.

■ **JŽ:** Čím se vlastně zabývá fyzika slunečních erupcí, které se také dlouhodobě věnujete?

4 Coronal Mass Ejection.

PH: Zkoumáme eruptivní procesy z hlediska fyziky plazmatu. Zajímá nás jednak primární proces uvolnění energie při tzv. rekonexi složitých magnetických polí, a dále pak procesy přenosu této energie jak do hlubších vrstev sluneční atmosféry, tak i směrem ven od Slunce, což významně ovlivňuje heliosféru včetně naší planety. Během erupcí detekujeme výrazně zvýšenou míru emise nejen částic, ale i záření v celém rozsahu elektromagnetického spektra.

V Ondřejově dlouhodobě pozorujeme záření v optickém a rádiovém oboru, ale podílíme se i na kosmických pozorováních v rentgenové a UV oblasti. Z teoretického hlediska studujeme interakci erupčního plazmatu s magnetickým polem a se zářením – je to obor zvaný magnetohydrodynamika⁵ nebo obecněji zářivá MHD. Přenos záření ve sluneční atmosféře, ale i ve hvězdných atmosférách obecně a interakce záření s plazmatem je můj hlavní vědecký zájem. Matematicky řečeno, jedná se o řešení složitých soustav nelineárních integrodiferenciálních rovnic, navíc obecně časově závislých. To jde v celé komplexnosti dělat jen numericky a my jsme postupně vyvinuli řadu modelů. Výsledkem pak může být teoretické spektrum záření třeba erupce, které lze porovnat s pozorováními.

■ *JŽ: Zmínili jsme sluneční erupce. Jak souvisejí se slunečními protuberancemi?*

PH: Souvisejí jen do určité míry, bylo by to na delší povídání. Protuberance jsou jakási oblaka chladného plazmatu o teplotě řádově 10 000 K, které je zkondenzováno v horké koróně a je od ní izolováno magnetickým polem. Magnetické pole také „drží“ tato chladná a hustá oblaka vysoko v horké a řídké koróně proti působení gravitace. Protuberance jsou krásné útvary viditelné v koróně i mimo zatmění, ale potřebujete k tomu speciální úzkopásmové spektrální filtry. Magnetické pole, které je drží, se však může po čase destabilizovat a protuberance je pak vyvržena vysoko do koróny a dál do heliosféry. To bývá počátek erupce, do koróny „vytažené“ siločáry pole se postupně propojují (rekonexe) a to je zdrojem erupční energie.

■ *JŽ: Bez Slunce by na Zemi nebyl možný život, Země by byla zmrzlá, pustá a temná. Ale známe i jeho negativní vliv na Zemi – to, když ji zasáhnou jeho silné erupce, často spojené s výrony hmoty do koróny. Jak moc mohou ovlivnit náš život či infrastrukturu?*



Obr. 3 Zatmění Slunce v USA 2017, stát Idaho. Foto: Petr Heinzl



Obr. 4 V planetáriu hradecké hvězdárny, v mládí zde působil jako demonstrátor.

PH: Poměrně značně. Na dlouhých vedeních vznikají nežádoucí vysoká napětí a jsou tak ovlivňovány až destruovány prvky rozvodných sítí, zvýšenou měrou korodují ropovody, je rušeno rádiové spojení i navigace, jsou poškozovány družice na oběžné dráze, často se mluví i o vlivech na člověka. Vůbec prvá erupce byla detekována 1. září 1859 a ukázalo se, že šlo o velmi silnou erupci, která zasáhla Zemi a způsobila např. poruchy telegrafických přenosů. Těmto událostem nelze předejít, cílem je tedy naučit se je předpovídat a následně udělat vše, aby se předešlo největším škodám. Prognózy sluneční aktivity jsou dnes do jisté míry možné a my je pravidelně děláme i v Ondřejově.

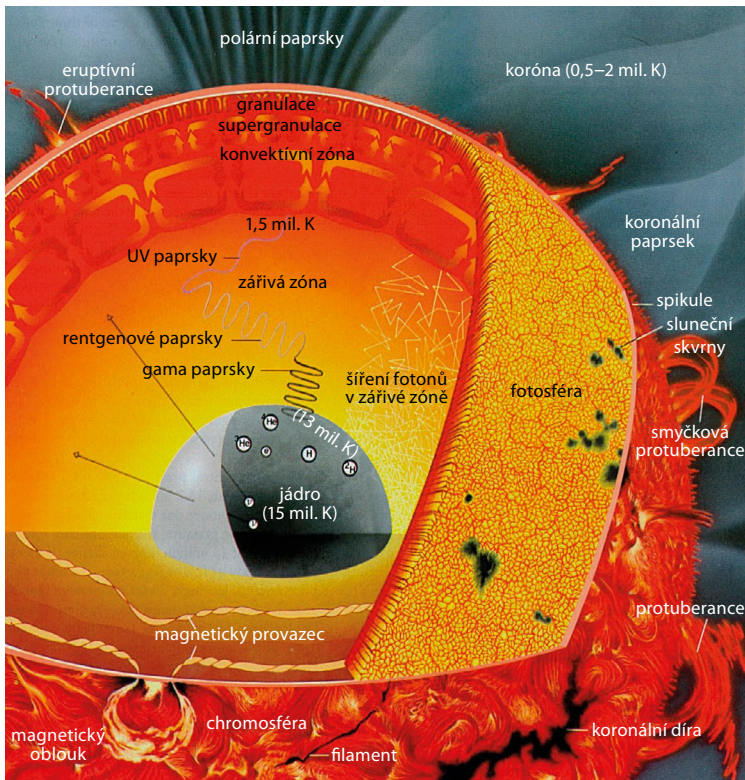
■ *JŽ: V rámci Evropské kosmické agentury ESA se českým vědcům podařilo zapojit do velkých evropských projektů včetně výzkumu Slunce. O které mise se konkrétně jedná?*

PH: ESA je jakousi bránou Evropy do vesmíru. Spojuje finanční prostředky a know-how odborníků z jednotlivých zemí a umožňuje dosáhnout cílů, které by pro jednotlivce nebyly realizovatelné. Naši sluneční astronomové tak mají díky této spolupráci možnost významně se podílet na dvou misích, a to Solar Orbiter a PROBA-3.

■ *JŽ: Sonda Solar Orbiter byla vypuštěna v únoru roku 2020 a jejím cílem je komplexní studium Slunce a vnitřní heliosféry z bezprostřední blízkosti. Na jakou vzdálenost se ke Slunci dokáže přiblížit?*

PH: Solar Orbiter bude ke Slunci opravdu blízko. Každého půl roku, což je doba oběhu sondy kolem Slunce, se má přiblížit až na vzdálenost asi 60 slunečních poloměrů (0,28 astronomické jednotky), tedy blíže než planeta Merkur. Pomocí opakovaných průletů kolem Venuše se bude sklon oběžné dráhy sondy k ekliptice (tj. k rovině, v níž obíhá kolem Slunce naše Země) postupně zvětšovat až na zhruba 30 stupňů. Solar Orbiter tak získá světové prvenství unikátním pozorování oblastí kolem slunečních pólů se současným měřením vlastností prostředí, jímž bude proletát. V okamžicích největšího přiblížení bude sonda nucena odolávat 13krát většímu toku slunečního záření ve srovnání s tokem dopadajícím na Zemi a čelit tak teplotám až 500 °C.

■ *JŽ: Hlavním cílem mise Solar Orbiter je pochopení aktivních procesů probíhajících na Slunci. Mohl byste nám více přiblížit, jaké odpovědi by měla tato mise přinést právě vám – slunečním astrofyzikům?*



Obr. 5 Vnitřní stavba Slunce, struktura jeho atmosféry a projevy sluneční aktivity.

PH: Dílčích výzkumných cílů je několik, ale jedním z hlavních je lepší pochopení procesů sluneční aktivity a jejich působení na heliosféru a v konečném důsledku i na naši Zemi. Jsme tak zpět u kosmického počasí, Solar Orbiter však není určen pro pravidelné monitorování aktivity, má za cíl pochopení jednotlivých procesů. Z deseti přístrojů, které nese, je šest tzv. *remote-sensing* – v podstatě jde o dalekohledy pro vzdálené monitorování povrchu Slunce – a čtyři detektory pro tzv. *in-situ* měření lokálních charakteristik plazmatu a elektromagnetických polí při průletu heliosférou. Jedná se o náročný výzkumný úkol, který, pokud se vše zdaří, přinese skutečně důležité či dokonce přelomové informace.

■ **JŽ:** Čtyři z těchto přístrojů nesou českou stopu. Na jejich vývoji se podílely AV ČR a MFF UK. Jedním z nich je kosmický koronograf Metis. Co bude jeho úkolem?

PH: Jde o speciální dalekohled, kterým je možno pozorovat korónu Slunce, sluneční vítr, protuberance a výrony koronální hmoty. Tento typ dalekohledu zkonstruoval již v roce 1930 francouzský astronom Bernard Lyot pro pozemní pozorování a hlavní ideou je zastínění jasného slunečního disku kotoučkem umělého Měsíce, který je součástí přístroje – je to jakási imitace úplného zatmění Slunce. Pro kosmický koronograf Metis jsme vyvinuli a vyrobili dvě hlavní zrcadla dalekohledu, a to ve výzkumném centru TOPTEC Ústavu fyziky plazmatu AV ČR v Turnově. Účast v mezinárodním konsorciu Metis zajišťuje Astronomický ústav AV ČR. Ten se také podílel na realizaci rentgenového teleskopu STIX na pozorování slunečních erupcí a spolu s Ústavem fyziky atmosféry AV ČR realizoval hardware pro *in-situ* přístroj RPW (*Radio and Plasma Waves*). MFF UK pak dodala část elektroniky pro *in-situ* detektor nabitých částic. Účast celého akademického týmu na misi Solar Orbiter byla nedávno oceněna Cenou AV ČR.

<https://ccf.fzu.cz>

■ **JŽ:** Pozorování sluneční koróny má mnohá omezení. Ze Země je takové pozorování možno uskutečnit jen při úplném slunečním zatmění, částečně také při pozorování ve vysokých nadmořských výškách. Vesmírný koronograf je tedy jistě velkým požehnáním pro sluneční astrofyziku, že?

PH: To jistě ano. Klasický koronograf lze běžně použít zejména ke studiu protuberancí, což jsme dělali i v Ondřejově. Na vysokohorských tzv. koronálních stanicích, jako je například ta na Lomnickém štítu, pak lze detekovat i vnitřní korónu, kdy její intenzita musí převyšovat sluneční záření rozptýlené v zemské atmosféře. Výhodou kosmického koronografu je primárně to, že je umístěn mimo zemskou atmosféru, a tak může sledovat celou korónu podobně jako při zatmění. Oproti krátkému trvání zatmění (několik minut) může koronograf v kosmu pracovat nepřetržitě, a tak máme k dispozici data o časovém vývoji různých koronálních struktur a o fyzikálních procesech v nich.

■ **JŽ:** Zmiňujete zatmění Slunce – tedy významný astronomický jev. Jak k jeho zastínění dochází?

PH: Zatmění Slunce nastane, když Měsíc vstoupí mezi Zemi a Slunce, takže jej částečně nebo zcela zakryje – je to vlastně velká náhoda, že je zdánlivý průměr Slunce a Měsíce na obloze prakticky stejný. Podle toho pak dělíme sluneční zatmění na částečné či úplné. V případě úplného zatmění dochází na zastíněné části Země – v tzv. pásu totality – k výraznému setmění a ochlazení.

■ **JŽ:** Kolikrát jste měl možnost pozorovat zatmění Slunce vy osobně?

PH: Já jsem dosud viděl tři úplná zatmění Slunce. Problém je, že v Evropě lze pozorovat úplné zatmění Slunce jen zřídka, a tak je často potřeba za tímto úkazem poměrně daleko cestovat. Standardně trvá zatmění Slunce jen několik minut, a tak je velmi důležitá i dobrá organizace a příprava na pozorování tohoto jevu. Pozorovat jej můžeme v pásu totality, který je předem znám. Já jsem svoje úplně první zatmění Slunce viděl – tedy spíš neviděl – v roce 1999 na observatoři v Bukurešti. Mělo k němu dojít kolem poledne – ale právě v tuto chvíli se do té doby jasné nebe náhle zataáhlo a bylo po pozorování. Připisovali jsme to tehdy generálskému



Obr. 6 Velký guru fyziky hvězdných atmosfér Dimitri Mihaslas (USA) při oslavě jeho 70. narozenin v Boulder (Colorado), spolu s Ivanem Hubeným (uprostřed) a Petrem Heinzelem.



Obr. 7 Sázení pamětního stromu při odchodu z funkce ředitele Astronomického ústavu AV ČR v Ondřejově. Rozdělil úkoly a dohlížel na jejich správné splnění bylo vždy úkolem ředitele.

efektu, protože právě v tu dobu dorazil na observatoř rumunský prezident. Další zatmění jsem viděl – tentokrát již úspěšně – v roce 2006 v Turecku a podruhé pak v roce 2017 v americkém státě Idaho. Tehdy se výrazný pás totality táhl přes celou Severní Ameriku.

JŽ: *Zůstaňme prosím ještě na chvíli u zatmění Slunce. Jaký je to pocit? Je opravdu tak neobvyklý až tajemný, jak se traduje?*

PH: Je to především úžasný zážitek. Já osobně jsem pozoroval zatmění Slunce vždy jen sám pro sebe, nikoliv jako součást nějakého vědeckého týmu. A pocity? Takřka nesdělitelné... Nejprve se pomalu stmívá, jak Měsíc postupně zakrývá sluneční disk, začíná se ochlazovat, lze sledovat i neobvyklé reakce zvířat. A pak najednou dojde k jeho úplnému zakrytí a zároveň koróna náhle vyletí. Rozzáří se, jsou vidět struktury koronálního plazmatu a protuberance. Je to velmi kratičkový jev – ale o to intenzivnější.

JŽ: *Pozorovat korónu Slunce v podmínkách blízkých úplnému zatmění bude i mise PROBA-3. Jakým způsobem toho dosáhne?*

PH: PROBA-3 je konfigurace dvou satelitů pohybujících se v přesně stanovené formaci po protáhlé eliptické dráze kolem Země, tzv. let ve formaci. Je to první technologický test svého druhu v rámci ESA – v budoucnu to bude využito pro koordinaci více satelitů rozmístěných daleko od sebe v kosmickém prostoru. Součástí této mise je vesmírný koronograf ASPIICS⁶, který bude pozorovat vnitřní korónu Slunce v dlouhých obdobích v podmínkách blízkých úplnému zatmění. Spojnice obou satelitů bude během letu ve formaci mířit ke Slunci, první satelit ponese kotouč umělého Měsíce,

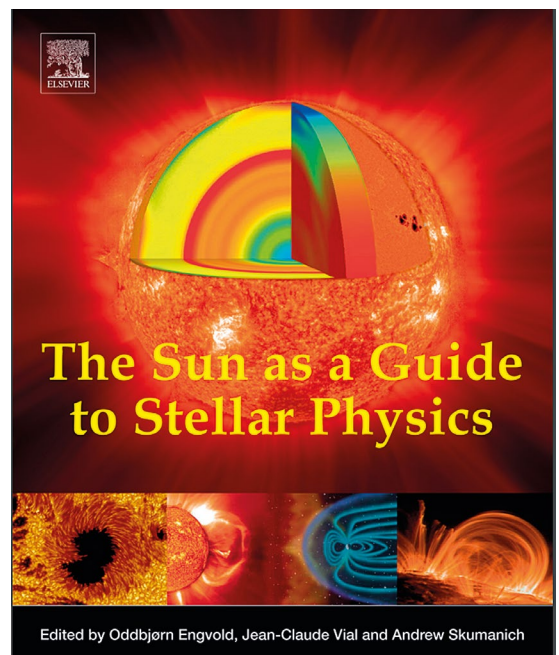
který přesně zakryje sluneční disk, a dobře viditelná sluneční koróna pak bude dlouhodobě sledována dalekohledem na vzdálenější družici. Bude to velký koronograf s tzv. externím zástínem, satelity budou od sebe vzdáleny 150 m.

JŽ: *Čeští vědci se na této misi podílejí především v rámci dodávky hardwarových součástí. Které části družice se tedy vyráběly u nás?*

PH: Konkrétně to byl mechanismus dvířek a optika teleskopu. Dvířka slouží k ochraně teleskopu ASPIICS před kontaminací a nadměrným zatížením od slunečního záření. Vývoj a výroba těchto dvířek proběhly ve VZLÚ Praha. Jedná se o významnou technologickou výzvu, protože tato mechanická dvířka musejí pracovat naprosto bezchybně. ESA má totiž velmi přísné požadavky a tato dvířka se musejí v nehostinném prostředí kosmu mnohokrát otevřít a opět zavřít. Naštěstí je to věc v kosmu již vícekrát vyzkoušená, takže bylo na co navazovat. V turnovském TOPTEC pak vyrobili optický systém dalekohledu, který bude umístěn na zadním satelitu. Zde je třeba poznamenat, že kosmické projekty nejen ESA jsou velmi a velmi nákladné a naše účast na nich je umožněna v rámci programu ESA-PRODEX, ke kterému Česká republika přistoupila. Účast AV ČR na kosmických projektech je v současnosti zastřešena programem VP16 „Vesmír pro lidstvo“ Strategie AV21. Tento program jsem před několika lety inicioval a v současné době se jej ujali mladší a zapálení kolegové.

JŽ: *Mise PROBA-3 by měla odstartovat počátkem roku 2024 z indické základny na palubě jejich rakety. Jaké objevy si od této mise slibujete vy osobně?*

PH: Tak pokud se vše podle plánu podaří, získáme skutečně úžasné snímky koróny až do blízkosti ke slunečnímu povrchu, což je umožněno velkou, 150m základnou s externím zástínem. Vědecky je na tom zajímavé i to, že když budeme korónu pozorovat spojitě několik hodin, můžeme dobře vidět, jaké struktury se v ní vyvíjejí. Je to velký posun ve sledování vnitřní



Obr. 8 Kniha předních světových odborníků o Slunci je považována za vodítko pro hvězdnou astrofyziku. Petr Heinzel přispěl kapitolou o modelech hvězdných atmosfér.

» *Scientometrie je věda přesná, ale o kvalitě hodnocených výsledků to moc neříká. Nad tou se musí každý zamyslet sám,*
«
podotýká
Petr Heinzel.

6 Association of Spacecraft for Polarimetric and Imaging Investigation of the Corona of the Sun.



Obr. 9 Slavnostní udělení Zlaté medaile Vratislavské univerzity v roce 2009.

koróny, protože dříve ji bylo možno pozorovat jen při zatmění, a to po dobu několika minut. Kosmická pozorování jsou také mnohem kvalitnější než ta na vysokohorských observatořích.

■ *JŽ: Ve svém vědeckém životě se zabýváte Sluncem. Sluncem, které nás provází našimi životy den co den – a spolu s Měsícem jsou to asi první nebeské objekty, jichž si v raném dětství všímáme. A možná tam někde začal v dětství doutnat i plamínek vašeho zájmu o astronomii? Jak na svoje dětství vzpomínáte?*

PH: Astronomii mám od dětství spojenou především s hvězdárnou v Hradci Králové. Narodil jsem se sice v Náchodě, ale vzápětí se naše rodina přestěhovala do Hradce Králové, protože tam tatínek získal zaměstnání. Prožil jsem zde své dětství i mládí a mám k tomuto městu i jeho hvězdárně silnou osobní vazbu. Bydleli jsme v činžáku v centru města, o patro níž bydlel kamarád Josef Bartoška, který pak později pracoval právě na hradecké hvězdárně. A protože nás oba astronomie již tehdy zajímala, společně jsme si stavěli své vlastní dalekohledy.

■ *JŽ: Sestrojit dalekohled jistě není snadné. Jak jste se toho jako tehdejší školáci zhostili?*

PH: Neměli jsme k tomu samozřejmě potřebné profi součástky, ale dokázali jsme poměrně dobře improvizovat. V blízké prodejně koberců jsme si vyprosili papírové roury od koberců a v další ulici jsme zase získali od místního optika brýlová skla. Důležité bylo, že jak průměr papírových trubek, tak brýlové čočky byly přibližně shodné. V trubce jsme potom pilkou vyřízli škvíru, do které jsme zasunuli čočku. Na druhé straně trubky jsme umístili okulár z mikroskopu – ani popravdě nevím, kde jsme jej tehdy získali, možná ve škole – a vyrobili jsme si i posouvání okuláru, abychom mohli na nebeské objekty správně zaostřit. Pro lepší stabilitu jsem si pak k tomuto dalekohledu vyrobil z několika prkének ještě praktický dřevěný stojan.

■ *JŽ: Hradec Králové je ale spíše rovinný kraj a kopce je tam pomálu. Odkud jste tehdy pozorovali?*

PH: Z kopce to opravdu nebylo. Ale na střeše našeho domu byla taková ozdobná kopule, která měla dokola malá okénka. Tak tu jsme si vybrali a ta nám prakticky nahradila kopuli hvězdárny. Odtud jsme mezi odháněním všudypřítomných holubů trpělivě pozorovali hvězdnou oblohu.

<https://ccf.fzu.cz>

■ *JŽ: A které nebeské objekty vás na hvězdné obloze nejvíce zajímaly?*

PH: Nejvíce se mi líbilo pozorovat dvojhvězdu Albireo, která je pátou nejjasnější hvězdou souhvězdí Labutě a která je vidět i malým dalekohledem. V našich skromných dalekohledech byly však vidět i jasné Jupiterovy měsíce a také jsme rádi pozorovali například fáze Měsíce a pochopitelně jeho krátery.

■ *JŽ: Pokračovalo vaše nadšení pro astronomii i na základní škole? Nebo jej přehlušily jiné zájmy?*

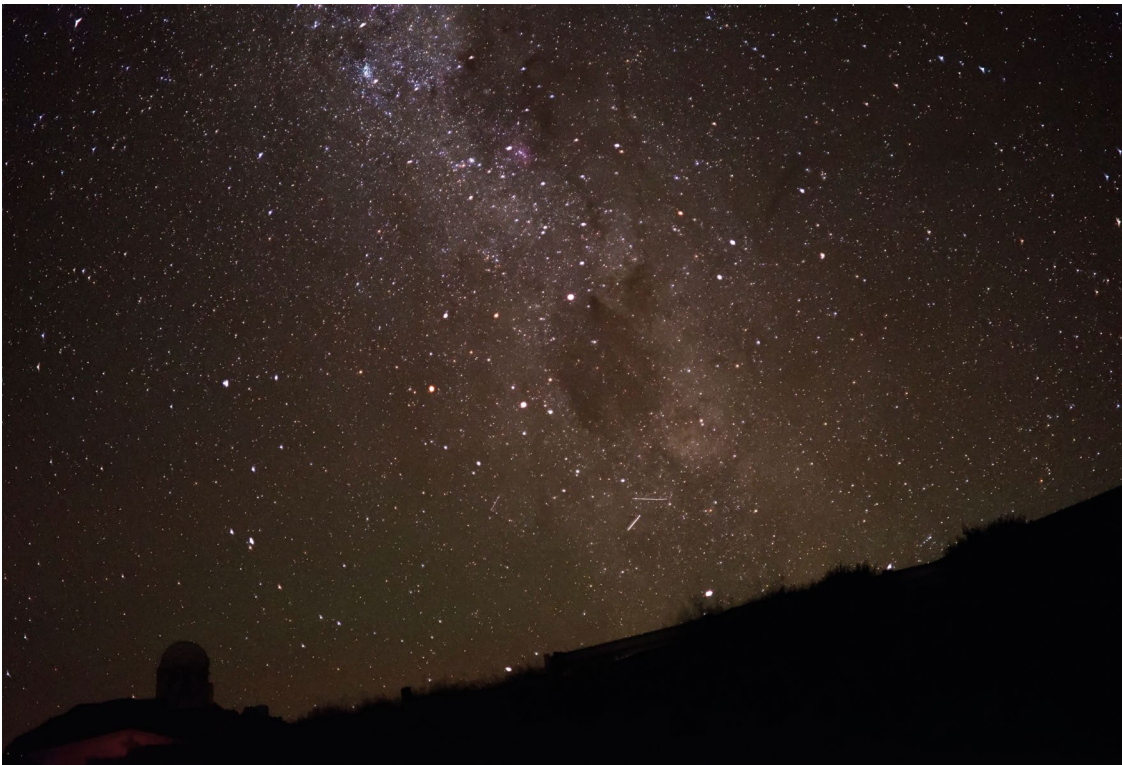
PH: Na „základce“ jsme měli s kamarády řadu různých zájmů, stavěli jsme rakety (občas nějaká při startu vybuchla), lepili jsme plastické modely letadel, ale také sbírali motýly nebo chodili do historického kroužku. A s kamarádem Pepíkem Bartoškou jsme začali chodit do astronomického kroužku na hradecké hvězdárně. Bylo to pro nás oba velmi zajímavé – po našich prvních astronomických začátcích s vlastnoručně vyrobenými dalekohledy jsme najednou mohli používat opravdové profesionální teleskopy. Dotýkali jsme se jich s takřka posvátnou úctou. V té době tam také jezdili přednášet moji pozdější kolegové z Ondřejova, jako Jožka Kleczek, Boris Valníček nebo Sváťa Kříž. Hradecká hvězdárna je na kopci na kraji města, v kroužku byla dobrá parta lidí, a tak jsme tam trávili mnoho času. O půlnoci jsme šli na poslední trolejbus a když nám ujel, museli jsme šlapat do města pěšky.

■ *JŽ: Inspirovali vás k astronomii či přírodním vědám obecně i vaši učitelé na základní škole?*

PH: V životě jsem se snažil řídit radou, kterou mi dal při odchodu ze základky náš starý učitel matematiky, skvělý člověk: „Petře, v životě se soustřeď na to podstatné.“ Je jistě nesnadné odhadnout, co je více důležité, ale já mám v tomto celkem jasno – vědecké bádání bylo pro mne celý profesní život vždy prioritou, které jsem obětoval opravdu mnoho času. Moje žena se vždy smála, když jsem interpretoval pojem dovolená tak, že je to období, kdy si mohu chodit do práce, jak chci – v dobách minulých jsme si totiž museli na ústavu zapisovat docházku. Člověk nemůže stíhat v životě vše, a tak něco má tu prioritu a něco holt trpí, třeba zarostlá zahrada. Pan učitel měl pravdu.



Obr. 10 Nušlova cena České astronomické společnosti v roce 2014.



Obr. 11 Mléčná dráha nad observatoří ESO La Silla v Chile – zkuste si najít souhvězdí Jižní kříž. Observatoř se nachází v poušti Atacama a nabízí ideální pozorovací podmínky. Foto: Petr Heinzel

■ **JŽ:** *V Hradci Králové jste po devítiletce nastoupil na tříletou střední všeobecně vzdělávací školu⁷. Jak pokračovalo vaše vzdělávání a našel se mezi vašimi profesory někdo, kdo vás svým přístupem ke studiu zaujal?*

PH: SVVŠ byla tehdy jakousi obdobou gymnázia a dnes to skutečně gymnázium je, konkrétně Gymnázium Josefa Kajetána Tyla. Mimochodem, víte, že v Hradci Králové působil jako profesor na gymnáziu i významný český astronom František Nušl⁸? Já osobně jsem ho pochopitelně nezažil, ale v Hradci jsem se setkal s jiným „velikánem“ České astronomické společnosti, panem Josefem Klepeštou – do knihy mi tehdy napsal věnování „Milému příteli astronomie J.K.“. Jako studenti gymnázia jsme se i nadále věnovali astronomii a chodili na hvězdárnu. V té době jsme tam ale již působili i jako demonstrátoři – což nám velice imponovalo. Je tam malé Zeissovo planetárium, kam jsme chodili s návštěvníky a po skončení programu jsme jim prostřednictvím dalekohledů „binárů“ ukazovali hvězdnou oblohu. Mám na toto období velmi pěkné vzpomínky. Dnes je tam velké moderní digitální planetárium, ale to staré Zeissovo zůstalo.

■ **JŽ:** *V naší zemi je poměrně velké množství hvězdáren oproti jiným evropským zemím. Jak vnímáte jejich důležitost pro amatérské pozorovatele vesmíru vy osobně?*

PH: Síť veřejných hvězdáren a planetárií u nás má velký význam pro popularizaci astronomie i ostatních přírodních věd. Tyto hvězdárny jsou také často napojeny na Českou astronomickou společnost a spolupracují na různých odborných a vzdělávacích programech. Já sám jsem na takové hvězdárně začínal a dodnes na to rád vzpomínám, byla to ohromná motivace.

■ **JŽ:** *Byl jste v přírodovědné třídě, kde byla v dostatečné míře fyzika i matematika. Byly právě zde položeny první kameny cesty, jež vás dovedla mezi významné sluneční astrofyziky?*

PH: Oba tyto předměty jsem měl rád a v matematice jsem byl dokonce premiantem třídy. Naší třídní učitelkou byla tehdy naše matematická, která nás držela poměrně zkrátka, ale hodně naučila. Fyziku nás zase učila mladá a poměrně nesmělá profesorka, a tak to v jejich hodinách někdy vypadalo trochu podobně jako ve filmu *Obecná škola*. Když začala probírat astronomii, tak jsem si donesl asi pět otočných mapek hvězdné oblohy, a pak jsem tam s nimi „machroval“, že z toho byla poměrně rozpačitá.

■ **JŽ:** *A jak to celé dopadlo – neskončila paní učitelka podobně jako v *Obecné škole*?*

PH: Nebojte, to se nestalo. Ale pravda je, že v posledním ročníku jsme dostali nového fyzikáře – byl jím profesor Šedivý⁹ – a to byla velká změna. Byl to velký praktik, fyziku skvěle znal a dovedl člověka motivovat. Měl jsem s ním velmi dobré vztahy, a dokonce jsem pod jeho vedením dělal i fyzikální olympiádu. Když jsem odcházel z gymnázia, tak mi z kabinetu věnoval krásný starý globus hvězdné oblohy, který mám jako památku na léta gymnaziální stále ještě doma – pochopitelně byl tehdy již vyřazen z evidence jako zastaralý.

■ **JŽ:** *Vím, že váš tatínek byl znamenitý hudebník. A i vašim životem se jako červená linka prolíná hudba. Hrál jste na nějaký hudební nástroj již v dětství?*

PH: Tatínek byl muzikant – nejdříve hrál na trombon ve velkém dechovém orchestru v Hradci, později přešel na tubu v Kolíně v Kmochově orchestru, s oběma tělesy jezdili po celé Evropě. Mě dali rodiče hrát

⁷ SVVŠ.

⁸ František Nušl zemřel v roce 1951.

⁹ Přemysl Šedivý (1936–2014).

na housle, chodil jsem tedy, jak se říkalo, do houslí. Měl jsem velmi přísného pana profesora, a první, co bylo, když jsem přišel na hodinu do jeho bytu, bylo ukázat mu své nehty. Když s nimi nebyl spokojený, dal mi nůžky a poslal mě do koupelny si je ostříhat. Doma se mnou cvičil na housle dědeček, měl za úkol udržet mě u nich alespoň hodinu denně. Ale nebavilo mě to. Občas jsem jako na protest cestou nesl ten futrál s houslemi tak lajdácky, až se otevřel a housle „vzběhly“ na chodník. Ale bohužel k mé smůle se nikdy nerozbily. V deváté třídě jsem byl rád, že jsem toho mohl nechat. Dnes toho lituji a s daleko větším úsilím doháním to, co jsem v mládí zanedbal.

■ *JŽ: Housle vás nebavily, ale umění si vás přesto zachytilo drápkem – to, když jste se začal věnovat malování. Byla to snad taková pomyslná křižovatka, kde jste se rozhodoval mezi astronomií a malířstvím?*

PH: Již na základní škole mě to bavilo, měli jsme dobrou učitelku výtvarné výchovy a také jsem chodil do kurzu kreslení a malby v městském kulturním středisku, a to až do maturity. Byly to krásné časy chodit „se štaflemy do pleněru“. Na gymnáziu jsme měli jeden volitelný předmět, kde jsme si mohli vybrat mezi technickým rýsováním, latinou a výtvarnou výchovou. A to byla pro mě jasná volba. Naším tehdejším profesorem výtvarné výchovy byl český malíř a pedagog Bohumír Španiel (mimořadně také původem z Náchoda, 25. 10. 1925 – 20. 12. 2009) Odhalil ve mně tehdy jistý výtvarný talent a stále mě přemlouval, abych šel studovat do Prahy malířství na akademii. Jenže já v tom neviděl žádnou rozumnou životní perspektivu.

■ *JŽ: Rozhodl jste se studovat Matematicko-fyzikální fakultu Karlovy univerzity, kam jste byl úspěšně přijat. Který obor vás na Matfyzu zaujal?*

PH: Tehdy byly na Matfyzu první dva roky studia pro všechny fyziky společné, a až poté jsme se rozhodovali pro jednotlivé obory. Spíše než na astronomii jsem zpočátku myslel na fyziku elementárních částic, která mě také zajímala. Astronomii bylo možné studovat až ve třetím ročníku. Tehdy tam byl profesorem astrofyziky Vladimír Vanýsek, který napsal učebnici *Základy astronomie a astrofyziky*. Byl to takový milý a žoviální pán s dýmku. Na konci druhého ročníku bylo shromáždění studentů fyziky, kde se diskutovalo



Obr. 12 A ještě do třetice, ocenění medailí Ernsta Macha za přínos k rozvoji fyzikálních věd. Cenu předal předseda AV ČR prof. Jiří Drahoš. Slavnostního aktu se zúčastnila také prof. Brigitte Schmiederová, blízká spolupracovnice Petra Heinzela z Paříže-Meudonu.



Obr. 13 Cestou na koronální stanici na Lomnickém štítu ve Vysokých Tatrách. Tak tam se musí podívat každý sluneční astrofyzik – i kdyby se tam měl vydrápat po svých...

o volitelných studijních směrech. Přítomni byli i zástupci jednotlivých kateder a profesor Vanýsek prohlásil, že pokud chce někdo astronomii studovat, tak lze přijmout tak maximálně tři čtyři studenty. Ale dodal, že musíme počítat s tím, že po studiu budeme těžko shánět místo. A tak jsem se nakonec na astronomii přihlásil.

■ *JŽ: A přijali vás?*

PH: To jsem právě pořád nevěděl. Vzpomínám si, že jsem o prázdninách jel do Prahy, a tak jsem se zastavil také na katedře astronomie a astrofyziky. Bylo to tehdy ve Švédské ulici na Smíchově, takový starý žlutý dům to byl, vypadal tajemně. Vstoupil jsem dovnitř a v patře byly otevřené dveře. Vešel jsem a uviděl za stolem profesora Vanýska, jak pokuřuje dýmku. Tak jsem se ho prostě optal, jestli mě vzali. A on odpověděl: „Nojo, nojo, pane kolego, jste přijatej, tak přijďte po prázdninách.“

■ *JŽ: Studium na Matfyzu je považováno za velmi náročné. Jak na vás tato škola působila a na které z tehdejších profesorů rád vzpomínáte?*

PH: Po prázdninách jsme se na katedře astronomie a astrofyziky sešli skutečně přesně čtyři. Ve „Švédské“ to byly idylické časy. Ve vile byla v patře docela malá posluchárna, jen dvě řady stolů, kamna na uhlí, takové rodinné prostředí. Z nestorů české astronomie nám tehdy ještě přednášeli prof. Vladimír Guth nebo Josef Mikuláš Mohr. Samozřejmě matfyz není snadná škola, ale když má člověk motivaci, tak to jde dobře. V diplomové práci, na které jsem pracoval již v Ondřejově pod vedením dr. Svatopluka Kříže, tehdy šéfa Stelárního oddělení, jsem se věnoval hvězdné spektroskopii a u toho jsem vlastně zůstal až dodnes. Ovšem nejen u hvězd, nýbrž především u Slunce a jeho atmosféry. Ale ke hvězdám se teď ke konci své kariéry zase vracím. Na fakultě jsme jako studenti astronomie navštěvovali

i vybrané přednášky z teoretické fyziky, například relativitu a kosmologii u tehdy dr. Jiřího Bičáka. Teoretickou fyziku studoval můj spolužák Petr Hadrava, s nímž jsme později zakotvili v Ondřejově.

■ *JŽ: Vaše cesta za astronomií byla úspěšně završena – studoval jste ji jako svůj prioritní obor na vysoké škole. Navštěvoval jste v této době stále ještě astronomický kroužek na hradecké hvězdárně?*

PH: V době mého vysokoškolského studia jsem na návštěvy hvězdárny už neměl tolik času, ale vyvažovali jsme si to o prázdninách. Jezdili jsme s kolegy z hvězdárny na takovou misi po pionýrských táborech ve východních Čechách. Do mikrobusu jsme naložili „bináry“ a na táborech jsme dětem ukazovali hvězdnou oblohu. Občas jsme tam i přespali ve stanu, dostali zbytky od večere, bylo to hezké.

■ *JŽ: Po státnicích jste však místo na Astronomický ústav putoval na vojnu. A tam se stala poněkud zvláštní věc – znovu jste se vrátil k houslím. Bylo to tak, že ve vás vojna vzbudila lásku k hudbě?*

PH: Vojna tedy rozhodně ne, ale s vojnou to skutečně nějak souviselo. Už na vysoké škole mě sama hudba začala více zajímat, v té době jsem si koupil své první „vinyl“, dnes jich mám hodně a jsou opět v módě. Vojnu v Praze jsem měl dobrou, dělal jsem zástupce proviantního náčelníka a měl jsem na starost kuchyň a kuchaře. Seděl jsem celý den v kanceláři, počítal na mechanické kalkulačce dávky potravin pro vojsko a měl jsem možnost dostat se prakticky denně do města. A tehdy jsme se začali scházet s Petrem Hadravou v jejich bytě na Malostranském náměstí, kde se hrála barokní muzika. Kamarádi hráli na zobcové flétny a kytaru a říkali, že by se jim také hodily housle. Tak jsem si to začal po létech opakovat, cvičil jsem skoro denně po večerech ve vojenské kanceláři. A tím jsem se k těm dříve proklínaným houslím zase vrátil. A protože jsme s Petrem Hadravou později působili společně i v Ondřejově, s muzikou jsme tam pokračovali. Byl to takový rituál – občas po obědě jsme preludovali na zobcové flétny.

■ *JŽ: A od zobcové flétny nebylo daleko do Říčanského komorního orchestru, ve kterém hrajete již více než čtyřicet let, že?*

PH: Je to tak. V Ondřejově mi kolega ze Slunečního oddělení řekl, že v Říčanech funguje komorní orchestr, a pozval mě tam. Za těch asi čtyřicet let jsme tam toho přežili opravdu hodně, i těžké věci – jako např. Beethovenovu „Osudovou“. A nyní občas hostuji i v Komorním orchestru Akademie věd, i když nepravidelně. Nedávno jsme například hráli v kostele U Salvátora v Praze slavné Mozartovo Requiem, neobyčejně silné dílo.

■ *JŽ: Myslíte, že by mohla panovat určitá souvislost mezi hudbou a vědou? Že by se vyladěnost fyzikálních podmínek v kosmu dala přirovnat k dobře ladícímu orchestru? A jaké to je, splynout s hudebním nástrojem a cele se oddat melodice hudby?*

PH: Říká se, že exaktní vědci mají k hudbě blízko a často ji i amatérsky provozují. Je to jiný svět a člověk se výborně odreaguje. Zejména hra v nějakém hudebním tělese je příjemnou společenskou činností, včetně veřejných koncertů. Je to jistý protipól k ryze individuální činnosti vědecké. Slyšel jsem, že třeba Mozart, ač to



Obr. 14 S manželkou Alicí na dovolené u Baltu, jedna z mála opravdových dovolených v poslední době.

byl naprostý génius hudby, skládal velmi systematicky s téměř matematickou dokonalostí.

■ *JŽ: Po ukončení studií a vojenské služby jste spolu s kolegou Petrem Hadravou začali pracovat v Astronomickém ústavu v Ondřejově. Hadrava ve Stelárním oddělení a vy v oddělení Slunečním. Jak jste se cítil na hvězdárně, která je pokračovatelem klementinské hvězdárny, založené při jezuitské koleji v roce 1722?*

PH: V Ondřejově jsme spolu s Petrem Hadravou pracovali ještě v rámci studií na Matfyzu, a to jako pomocné vědecké síly ve Stelárním oddělení u „dvoumetru“ – nyní Perkova dalekohledu. Psali jsme tam i své diplomové práce. Po ukončení studií jsem dostal nabídku pracovat jako asistent ve Slunečním oddělení a později jsem tam dělal i svou kandidátskou práci – tehdejší titul CSc. je dnes nahrazen titulem Ph.D. Její téma jsem si zvolil sám, můj školitel dr. Vojtěch Letfus mi do toho nezasahoval. Týkalo se to mého zájmu o spektroskopii z dřívějších let na fakultě a moje práce měla název *Rozptyl záření ve spektrálních čarách*.

■ *JŽ: Tato práce vám ale přinesla nejen titul CSc. Jak se to stalo, že jste se díky ní dostal až do redakční rady světového vědeckého časopisu vydavatelství Elsevier?*

PH: Jednalo se o zajímavé téma a my jsme jej pak společně s kolegou Ivanem Hubeným (nyní na arizonské univerzitě v Tucsonu) dále rozvíjeli. Vznikla z toho série pěti prací publikovaných ve významném světovém časopise *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, tehdy to vydával Elsevier. Ještě jako doktorand jsem na základě prvních dvou prací byl přizván za člena redakční rady tohoto žurnálu vydávaného v USA, což v té době byla pro mne neobyčejná pocta i další motivace. První článek v té sérii jsem napsal zcela sám a byl to solidní základ mé doktorské diser-



Obr. 15 Sonda ESA Solar Orbiter v čisté místnosti testovacího komplexu v Německu, těsně před transportem na Floridu, odkud startovala do vesmíru.

tace (tedy toho CSc.), kterou jsem obhájil v roce 1983. V té době byl pro mě a Ivana Hubeného jakýmsi idolem americký astrofyzik David Hummer, který se podobnou problematikou zabýval v šedesátých letech. Já jsem to ve své práci zobecnil a rozšířil, jeho reakce pak byla velmi pochvalná – napsal, že o něčem podobném také uvažoval. To mladého adepta vědy samozřejmě potěší. Na těch věcech jsme pak dále pracovali, dokonce mě vedoucí Stelárního oddělení lákal, abych k nim přešel. Jak bylo řečeno, začínal jsem u něj s diplomkou, ale nakonec mi zkoumání sluneční atmosféry přišlo velmi zajímavé, a tak jsem odmítl.

■ *JŽ: Ve své diplomové práci jste se věnoval hvězdné spektroskopii, poté jste se většinu svého vědeckého života zabýval výzkumem Slunce a nyní jste se rozhodl svoje znalosti zúročit ve výzkumu hvězdných erupcí. Jak odlišné jsou erupce na hvězdách od erupcí na Slunci a co bychom se díky výzkumu hvězdných erupcí mohli dozvědět?*

PH: Já se skutečně celý život zabýval především výzkumem Slunce, jeho erupcemi, protuberancemi, spektroskopii, jeho korónou a zářením. To, že jsem se nyní začal věnovat i výzkumu hvězd – tedy konkrétně jejich erupcím a atmosférám –, je poměrně logický krok. Jedná se o chladné hvězdy tzv. pozdního typu, z nichž některé jsou podobné našemu Slunci. A tak mohu své bohaté zkušenosti ze sluneční fyziky přenést do výzkumu hvězd. Výzkum erupcí na hvězdách je v současnosti docela významný trend, který až bytostně souvisí s rozmachem výzkumu exoplanet, tedy extrasolárních planetárních systémů, podobných naší Sluneční soustavě. Z hlediska tohoto výzkumu je velmi důležité, jak se mateřská hvězda těchto extrasolárních systémů bude projevat a zdali její erupce nebudou pro možnost vzniku života na planetách zničující. V současné době s mými kolegy pozorujeme jednu z hvězd v souhvězdí Lva, která tyto erupce produkuje. Má označení AD Leo a je od nás vzdálena asi 16 světelných let.

■ *JŽ: Vzhledem k velké vzdálenosti hvězd je jejich výzkum zřejmě poměrně složitý, protože hvězdy nemůžeme pozorovat tak jako naše Slunce. Co všechno můžeme na hvězdách vidět?*

PH: Hvězdu vidíme skutečně pouze jako bod, to znamená, že nevidíme ani její povrch, ani erupce, ani

jiné struktury známé ze Slunce. Vidíme pouze a jenom její záření. Ale spektrograficky a fotometricky z toho můžeme poměrně dobře dedukovat, co se tam děje. Důležité pro nás je, že můžeme využít veškeré znalosti, které o Slunci máme, a aplikovat je na hvězdy. Já osobně mám za dlouhou dobu svého výzkumu těchto dějů na Slunci už docela přehled a mohu tak tyto znalosti dobře zúročit.

■ *JŽ: V době přípravy našeho rozhovoru jste se chystal do Chile na observatoř ESO La Silla, abyste tam spolu s kolegy slavnostně vyvěsil českou vlajku na dalekohled E152. Pro jaký výzkum je E152 určen?*

PH: E152 je dalekohled ESO o průměru hlavního zrcadla 152 cm. Dostal zcela novou elektroniku včetně dálkového ovládání, což je dílem firmy Project-Soft z Hradce Králové, a bude mít dva spektrografy určené primárně pro pozorování spekter exoplanet¹⁰. Jedná se o spektrografy typu *echelle*, které umožňují registrovat hvězdné spektrum v širokém rozsahu vlnových délek od modré oblasti až do červené. Výzkum exoplanet nabírá v současné době na obrátkách, hodně se používal především kosmický dalekohled Kepler a nyní TESS (oba vyvinuté v NASA). Od roku 2026 bude exoplanety zkoumat mise PLATO Evropské kosmické agentury. A protože je budoucí výzkum exoplanet navázán právě na misi PLATO, byl hlavní projekt na E152 nazván PLATOSpec, kde bude instalován druhý echelle spektrograf s možností detekovat pohyby exoplanet podobných naší Zemi. Duchovním otcem PLATOSpecu je kolega dr. Petr Kabáth z našeho ústavu.

■ *JŽ: Sonda PLATO bude hledat nové „země“, pohybující se v dosud neznámých extrasolárních systémech. A každému takovému systému vévodí centrální hvězda, která jej svými projevy pozitivně či negativně ovlivňuje. Co všechno se o takových hvězdách můžeme dozvědět a dají se přitom zohlednit vaše znalosti Slunce?*

PH: V tomto případě opravdu můžeme vycházet z našich dosavadních zkušeností s naší nejbližší hvězdou Sluncem. Pomocí spektrografů můžeme detekovat spektrální čáry a pomocí Dopplerova jevu lze měřit rychlosti exoplanet s poměrně vysokou přesností. Když tedy exoplaneta zakryje svoji mateřskou hvězdu, citlivé fotometry toto detekují. Z výsledků pak můžeme vyčíst dynamiku oběhu té které exoplanety a pomocí špičkových spektrografů získat spektrum atmosféry pozorované exoplanety. A z toho by se poté dalo usuzovat, zda

¹⁰ Planetární soustavy okolo jiných hvězd, viz níže.



Obr. 16 Už zase fídlá a nenechá mě spát...



Obr. 17 Na výletě v Posázaví se synem Tomášem a s vnoučaty Šárkou, Pavlem a Šimonkem (od syna Tomáše) a Emilkou a Toníkem od dcery Uršuly.

jsou tam podmínky vhodné pro život. A právě výzkum erupcí na hvězdách je velmi důležitý, protože pokud jsou erupce na hvězdách mnohem větší než na Slunci, jistě jsou tím negativně ovlivněny i exoplanety, byť by se pohybovaly v tzv. obyvatelné zóně.

■ **JŽ:** *Narazil jste někdy na něco, co vás při výzkumu Slunce a hvězd překvapilo či dokonce zaskočilo, něco, co jste kupříkladu vůbec nepředpokládali?*

PH: Ano, a jsou to hned dvě věci. Ta první se týká právě hvězdných erupcí. Předpokládá se totiž, že na trpasličích hvězdách, které bývají obvykle v centru extrasolárního systému, jsou magnetické smyčky větší než na Slunci. Bohužel nikdo zatím neví, jak to tam konkrétně vypadá, protože vidíme vlastně jen celkové záření a nedokážeme rozlišit, které záření se týká smyček a které erupčních vláken. Na Slunci to však vidíme jasně, a tak si myslíme, že je to podobné i na ostatních chladných trpasličích. Já jsem se této problematice věnoval v roce 2017 v Japonsku na univerzitě v Kjótu, kde se astrofyzici hvězdným erupcím systematicky věnují a objevili tam erupce až o čtyři řády mohutnější než na Slunci (jednalo se o data satelitu Kepler) – nazvali je „supererupcemi“. Já si na základě výzkumu těchto supererupcí s japonským kolegou prof. K. Shibatou myslím, že nejen erupční vlákna, ale i velké smyčky mohou produkovat silné záření, což je zcela nový pohled. Nyní to dále rozvíjíme s mým doktorandem. A druhá věc, která mě překvapila, se týkala satelitu NASA IRIS, který se zabývá detekcí spektra Slunce. My jsme se zajímali o záření erupcí v UV oblasti spektra. Ale nikdo vlastně nevěděl, jak na to, protože prostřednictvím pozemního pozorování to nebylo moc detekovatelné. A mě napadlo, že právě IRIS potřebné vlnové délky registruje. A tak jsem během své dovolené požádal kolegyni Lucii Kleintovou ze Švýcarska o zpracování příslušných dat, neboť dříve působila v centru IRIS v USA. Skutečně jsme objevili tu předpokládanou emisi Balmerova kontinua a za dva týdny byl na světě článek, který má již řadu citací. Tak to byla moje dovolená v létě 2014.

■ **JŽ:** *Přednášíte teorii hvězdných atmosfér na MFF UK a vedl jste řadu diplomantů a doktorských studentů. Jak hodnotíte současný stav fyzikálního vzdělávání?*

PH: Teorie hvězdných atmosfér a atmosféry Slunce je můj klíčový zájem – vše ostatní, o čem jsme hovořili, byly různé aplikace na konkrétní jevy nebo struktury. V oblasti výzkumu protuberancí jsem vychoval doktoranda Stanislava (Stano) Gunára, erupcemi se u nás zabývá také moje bývalá doktorandka Jana Kašparová. Další doktorand Jirka Štěpán je dnes špičkovým teoretikem na přenos polarizovaného záření. Obecně si myslím, že kvalita fyzikálního vzdělávání stále stoupá. A pozoruji, jak se také mění směrem k numerickým metodám výzkumu, ať již je to řešení komplexních soustav nelineárních rovnic, nebo třeba počítačové učení. Je to dobrý trend, ale někdy vzpomínám na to, že my jsme na všechny výpočty měli jen logaritmické pravítko, kalkulačky byly až později. A občas mám pocit, že někteří mladí lidé příliš spoléhají na počítače a pak se jim jaksi vytrácí podstata problémů. Je třeba je více vést k hlubšímu fyzikálnímu myšlení.

■ **JŽ:** *Působil jste též na pařížské univerzitě v Orsay, observatoři v Meudonu u Paříže nebo v Ústavu Maxe Plancka pro astrofyziku v Garchingu u Mnichova. Dá se nějakým způsobem porovnat vzdělávání a vědecká práce v zahraničí a u nás?*

PH: Před rokem 1989 to byly velké rozdíly v našich možnostech, jak si jistě každý dovede představit. Ale dnes, po více než třiceti letech svobodného bádání a možnosti volně cestovat a spolupracovat se zahraničím, je situace všude zhruba stejná. Už i moji doktorandi strávili značný čas v zahraničí, míněno tedy „na Západě“, a hodně se tam naučili. Já jsem se tam poprvé dostal až v roce 1984 a tehdy byl můj dvouměsíční pobyt v Paříži startem mé dnes široké mezinárodní spolupráce. Do Paříže a Meudonu jsem později jezdil téměř každý rok, jednou jsem tam strávil i celý půlrok. To jsem se dokonce trochu naučil i francouzsky. I mnohé mé pobyty v Garchingu od roku 1996 byly velmi plodné a inspirativní. Příjemná budova Ústavu Maxe Plancka přímo sousedí s centrálou ESO.

■ **JŽ:** *Působíte též na Vratislavské univerzitě (Polsko) – co pro vás vědecké působení v Polsku znamená, i z hlediska toho, že vaše manželka je nejen astronomka, ale i Polka? A jak vlastně polským studentům přednášíte – umíte polsky?*

PH: Polsky umím dost dobře a do Vratislavi jezdím velmi rád. S mojí manželkou jsme se seznámili



Obr. 18 S americkým astronautem Andrewem Feustelem v ředitelně ústavu. Při svých dvou kosmických misích vzal Andrew na palubu raketoplánu Nerudovy „Písň kosmické“ a pak také krtečka.

» Životní štěstí není cíl, je to způsob, jakým žijeme. «

Petr Heinzl



Obr. 19 Přemýšlet v tónech...

v Toruni, a to na setkání mladých astronomů z Evropy při příležitosti pětistého výročí narození významného polského astronoma Mikuláše Koperníka. Bylo to v roce 1973 – letos je to o dalších 50 let více. Ona tam tehdy studovala astronomii na univerzitě Mikuláše Koperníka. Do Vratislavi jezdím vědecky pracovat a občas učít již více jak 40 let. Pomáhal jsem tam vychovat několik doktorandů a nedávno mě tam přijali do týmu nového centra excelence pro výzkum sluneční a hvězdné aktivity. Takže tam každý měsíc jezdím, je to pro mě zase něco nového.

■ *JŽ: V roce 2009 jste získal Zlatou medaili rektora Vratislavské univerzity za dlouholetou spolupráci a jako ocenění svých vědeckých výsledků. Očekával jste takové ocenění?*

PH: Byla to pro mě velká čest a musím přiznat, že jsem toto ocenění vůbec neočekával. Ale kolegové z Astronomického ústavu univerzity mě navrhli a prošlo to. Spolu se mnou byl také stejně oceněn prof. K. Phillips z Velké Británie, významný sluneční astrofyzik v oboru UV spektroskopie.

■ *JŽ: V roce 2005 jste se habilitoval na MFF UK v oboru fyzika slunečních protuberancí a v roce 2012 jste byl jmenován profesorem pro obor astronomie a astrofyzika. Co vám hodnost profesora umožnila na poli vědy?*

PH: Odpovím na tuto otázku trošku z jiného pohledu. Když jsem přebíral v Karolinu z rukou prezidenta Václava Klause profesorské jmenování, byl tam také Petr Fiala, nynější premiér a tehdejší ministr školství. A měl moc hezký projev k nám, novým profesorům. Říkal, že udělení profesury není jakoby zakončením kariéry – mám titul a to stačí –, ale naopak, že by to pro nás měl být závazek do budoucna a měli bychom toho využít k tomu, abychom náležitě ovlivnili a motivovali novou generaci vědců, abychom jim ukazovali cestu. A také abychom se angažovali v organizování vědy

a snažili se vědu zprostředkovávat společnosti. O to se vždy snažím.

■ *JŽ: Za svou vědeckou činnost jste byl oceněn medailí Ernsta Macha, udělovanou Akademií věd ČR za zásluhy o rozvoj fyzikálních věd, a především také Nušlovou cenou, kterou uděluje ČAS¹¹. Jaký to byl pocit – převzít cenu, která nese jméno našeho astronomického guru Františka Nušla?*

PH: Pocit jistě skvělý, dostal jsem se tak do společnosti jiných vědců, kterých si velmi vážím. Dnes se nacházím trochu na opačné straně, mým úkolem jako předsedy ČAS je Nušlovu cenu každoročně předávat.

■ *JŽ: V letech 2004–2012 jste působil na pozici ředitele Astronomického ústavu AV v Ondřejově. Jaké to pro vás bylo období a zbýval vám při výkonu takové náročné funkce ještě čas na samotnou vědu?*

PH: Mohu říci, že to pro mě byla výzva. Říkal jsem si, že to zkusím, že to může být zajímavé – navíc mé rozhodnutí bylo motivováno faktem, že se do konkurzu nikdo nehlásil. Až pak se přidal můj kamarád a kolega dr. Jan Vondrák a já jsem jen o „prsa“ zvitězil. Působil jsem na této pozici potom osm let a zorganizoval jsem si úkoly tak, abych mohl efektivně nejen řídit celý Astronomický ústav, ale také dělat vědu.

■ *JŽ: Od roku 1975 až dosud jste publikoval přes 400 vědeckých prací, z nichž asi polovinu tvoří práce publikované v renomovaných zahraničních časopisech. Tyto práce získaly několik tisíc citací. Váš Hirschův index dosáhl hodnoty 37, což jsou v naší astronomii vysoce nadprůměrné scientometrické údaje, že?*

PH: Ano, tak nějak to bude. Scientometrie je věda přesná, ale o kvalitě hodnocených výsledků to moc neříká. Nad tou se musí každý zamyslet sám.

■ *JŽ: Jste astrofyzik a od dětství také astronom. Dobře víte, že vesmír – ač nádherně vypadající – není příliš pohostinné místo. Dokáže vás přesto stále ještě nadchnout pohled na hvězdnou oblohu, nebo je pro vás spíše už jen objektem vědeckého zájmu?*

PH: Mě to stále fascinuje, když si sednu do svého oblíbeného dřevěného křesla u nás na zahradě a koukám na oblohu nad hlavou. Připomínám si jednotlivá souhvězdí, nakonec pan profesor Vanýsek nám na fakultě vždy říkal, že jako budoucí astronomové bychom souhvězdí měli dobře znát. Také často říkal, že slovo observatoř je odvozeno od slova obzírati. Občas je ta obloha docela pěkná, ale po svém pobytu na La Silla vidím, že ani v Ondřejově to již není ono. Společnost mi dělá náš kocour a také můj oblíbený dalekohled Schmidt-Cassegrain 20 cm s automatickým naváděním na vybrané objekty. Dívám se na planety, mlhoviny a hvězdokupy. Dalo by se snad namítnout, že pozoruji stále stejné objekty, ale třeba na Měsíc se dá dívat pořád.

■ *JŽ: Jak jiná je hvězdná obloha pozorovaná z jižní polokoule, kde jste nyní byl? Je to skutečně tak, že si závrtnou krásu tamní hvězdné oblohy nedokážeme moc představit?*

PH: Tamní noční obloha je opravdu nepopsatelná, byl jsem na ni velmi zvědav. Svítí tam tolik hvězd, že je někdy těžké identifikovat různá souhvězdí. Ve-

11 Česká astronomická společnost.

čer po fantastickém západu Slunce již byl pěkně vidět Orion, ale pro nás nezvykle, vzhůru nohama. Během našeho pobytu byla Mléčná dráha poměrně nízká, ale když je vidět ve své největší kráse, tak prý vrhá stín jako Měsíc v úplňku. Tak to v Ondřejově ani náhodou.

■ *JŽ: Kdybyste se mohl setkat s některým z vědců z minulosti, kdo by to byl a na co byste se ho rád zeptal?*

PH: Pokud bych si mohl vybrat, rád bych se setkal s Johanesem Keplerem. A na co bych se ho zeptal? Jednu otázku bych měl – říká se totiž, že když Kepler matematicky popsal dráhy planet Sluneční soustavy jako eliptické, napomohl mu k tomu mimo jiné i eliptický tvar rotundy kostela sv. Salvátora, kde naproti bydlel. Zajímalo by mě, zdali to tak opravdu bylo.

■ *JŽ: A jak nejraději odpočíváte?*

PH: Tak kupříkladu často cvičím na housle. Trochu jako Einstein, i když bych se s tímto velikánem vědy nechtěl samozřejmě nijak srovnávat. On odpočíval nejen při klasické hře, ale dokonce i preludoval v noci doma v kuchyni. Já mám z Japonska tzv. němé housle Yamaha, které nemají ozvučné desky, a tak znějí jen slabě. Na cvičení v noci ideální. Musím říci, že si celkem nedělám žádné stresy, a tak jak se naplno věnuji vědě, umím si i odpočinout. Kromě hudby jezdím rád na horském kole, čtu a moc rád se scházím s přáteli. To pak u nás na zahradě v Ondřejově grilujeme, popijeme whisky a děláme to skutečně s maximálním nasazením. Někdy se také dostanu ke kreslení, mé staré lásce z mládí, snad na to budu mít více času, až budu definitivně v důchodu. Technika kreslení se jen tak nezapomíná, ale na housle je třeba cvičit nejlépe denně.

■ *JŽ: Hovořil jste o tom, že náš Československý časopis pro fyziku otvíráte vždy s jistým očekáváním – co nového vám přinese. Co byste vzkázal jeho čtenářům?*

PH: Předpokládám, že valná většina těchto čtenářů má nějaký vztah k fyzice, ne však přímo k tomu, co nazýváme astrofyzikou nebo klasicky astronomií. Astrofyzika se dokonce začala rodit až v dobách, kdy váš časopis již existoval. Je to tedy poměrně mladá disciplína, ale v mnoha ohledech má zásadní význam pro fyziku jako takovou. Připomeňme si jen tři důkazy správnosti Einsteinovy obecné teorie relativity: ohyb světla v gravitačním poli Slunce, objasnění stáčení perihelia planety Merkur a před pár lety také dlouho očekávaná detekce gravitačních vln. Takže osobně bych čtenářům



Obr. 20 Vědecké výsledky bývají obvykle veřejnosti prezentovány formou uhlazených a famózně vyladěných teorií. Málokdo však ví, jak složitá cesta k nim vede a co všechno jim předchází...



Prof. RNDr. Petr Heinzel, DrSc., (*1950) je astrofyzik se specializací na výzkum atmosfér Slunce a hvězd a aktivních procesů, které v nich probíhají. Jako absolvent Matematicko-fyzikální fakulty Karlovy univerzity (MFF UK) pracuje od roku 1976 v Astronomickém ústavu AVČR (ASU). Zpočátku se zabýval spolu s prof. I. Hubeným teorií rozptylu záření ve spektrálních čarách, což vedlo ke vzniku řady významných prací. Jeho zájem se dále orientoval na výzkum slunečních erupcí, protuberancí a obecně na nerovnovážnou teorii přenosu záření a zářivou (magneto) hydrodynamiku. V poslední době se věnuje i výzkumu erupcí na hvězdách. Je autorem několika set vědeckých prací, které dosáhly velkého množství citací. Prof. P. Heinzel přednáší teorii hvězdných atmosfér na MFF UK, kde také vyškolil několik doktorandů. Působil i na mnoha ústavech a univerzitách v zahraničí, v současnosti je zapojen do projektu centra excelence na univerzitě ve Vratislavi. Byl dlouholetým vedoucím oddělení sluneční fyziky na ASU a v letech 2004 až 2012 byl ředitelem ústavu. Po přijetí České republiky do ESA se angažoval v organizování kosmických aktivit na MŠMT a v AV ČR. V současné době je předsedou České astronomické společnosti. Je ženatý, manželka Alicja vystudovala astronomii na univerzitě M. Koperníka v polské Toruni. Vychovali dvě děti, Tomáše a Uršulu.

přál aktuální a zajímavé články z astronomie a astrofyziky jakožto nedílné součásti fyziky – ale o to se, paní redaktorko, velmi úspěšně snažíte, díky.

■ *JŽ: Na závěr bych se vás ráda zeptala, jaké jsou vaše vize do budoucna?*

PH: Astrofyzika, podobně jako celá fyzika, popisuje složité nelineární jevy v přírodě, a jak jsem již zmínil, „uchopit“ správně tyto děje vyžaduje často rozsáhlé numerické modelování. Dnes například existují plně 3D modely časového vývoje sluneční atmosféry, nicméně jeden takový model se na superpočítači s tisíci procesory počítá týdny. Jak jsem řekl již na začátku našeho rozhovoru, dnešní observační sluneční fyzika velmi pokročila a je tedy velkou výzvou pro teoretiky, aby svými modely tuto komplexnost jevů reálně vysvětlili. Rozhovor se částečně týkal i mé vědecké kariéry, na jejímž začátku probíhalo modelování přenosu záření ve hvězdných atmosférách na podobně velkých počítačích jako dnes, pokud jde o jejich fyzické rozměry, ale procesor tam byl jeden, jeho operační paměť byla menší než 1 MB a data se načítala z papírových děrných štítků... I numerické metody, které jsme používali, byly mnohem méně efektivní než dnes – stejný výpočet trvajících tehdy hodiny, zvládne dnes spolu s novými metodami notebook za pár sekund. A tak moje vize je, že pár sekund by snad mohly v blízké budoucnosti trvat i ty nejnáročnější simulace na superpočítačích nových generací.