

# V hledáčku Slunce

## Rozhovor s Miloslavem Druckmüllerem

*Když si podával přihlášku na Přírodovědeckou fakultu UJEP v Brně (dnešní Masarykovy univerzity), zvolil nejprve obor fyzika, aby ho ale vzápětí změnil na matematiku. Přesto se k fyzice oklikou vrátil – to když začal fotografovat zatmění Slunce. Ze své první fotografie slunečního zatmění byl zklamán, jeho současné snímky sluneční koróny dobývají titulní stránky významných světových periodik. O poměrně trnité cestě k dokonalé astrofotografii jsme hovořili s profesorem Miloslavem Druckmüllerem z Ústavu matematiky Fakulty strojního inženýrství Vysokého učení technického v Brně.*

• *Zabýváte se fotografováním sluneční koróny. Zatmění Slunce vás začalo fascinovat již od vašich jedenácti let. Jak jste se o tomto jevu dozvěděl a viděl jste ho tehdy jako malý kluk na vlastní oči?*

Tuto informaci jsem slyšel na Brněnské hvězdárně a velmi mi utkvěla v paměti. Netušil jsem sice přesně, kudy bude probíhat pás totality, ale věděl jsem, že zatmění bude možno pozorovat z Rakouska. A protože do Rakouska se v té době nesmělo (byl to západní, i když neutrální stát), rozvažoval jsem nad tím, jak se tam dostat. Přál jsem si totiž zatmění nejen vidět, ale protože mě velmi fascinovala fotografie, tak jej i vyfotografovat. Fotografii jako takovou jsem byl totiž doslova uchvácený. Když jsem byl ještě v předškolním věku, okouzlovalo mě, když jsem vložil na exponovaný papír do misky s vývojkou a mohl jsem pozorovat, jak na bílém papíře postupně vzniká obraz. Později mi tatínek přidělil jeden velmi zodpovědný úkol – míchat ustalovačem, aby se na fotografiích neudělaly skvrny.

• *Tatínek byl nejen vaším velkým vzorem, ale také vás hodně inspiroval, že?*

Moji rodiče mě v každém mém zájmu či snažení velmi podporovali. Můj tatínek navíc zastával názor, že žádná otázka není tak obtížná, aby mi na ni neodpověděl. Nikdy mi neřekl: „Na tohle jsi ještě malý, tomu ještě nerozumíš“. On mi vysvětloval i velmi komplikované věci, které jsem zjevně nemohl tenkrát ani dobře pochopit, ale byl velice trpělivý a vysvětloval mi to i několikrát. A také mi říkával: „Dělej

prosim tě, cokoliv chceš, ale dělej to doopravdy a pořádně!“ To je asi pro mě ta nejdůležitější vzpomínka, kterou na něj mám, a toto rčení si již od dětských let nesu dál svým životem.

• *Když jste byl ve druhé třídě, začal jste chodit do Klubu mladých astronomů. Jak se vám líbilo na hvězdárně v Brně na Kraví hoře?*

Na hvězdárně to bylo takové doupe nadšenců. Já jsem tam zapadl mezi podstatně starší děti, ale to vůbec nevadilo. Jednou jsem tam byl na přednášce, která byla plná takových podivných znaků a symbolů. Byly to integrály a já jsem tehdy vůbec netušil, o co se jedná. Tak jsem si je obkresloval do sešitu a chtěl jsem vědět, co to je. Bylo to moje první tehdejší setkání s vyšší matematikou.

• *Přišel kýžený a vámi očekávaný rok 1999. Do Rakouska už se smělo a vy jste začal plánovat svoji úplně první expedici za zatměním Slunce. Jak tato cesta dopadla a jaké to bylo – vidět na vlastní oči sluneční zatmění?*

Mohu říci, že se jednalo o první a jediné zatmění Slunce, které jsem si opravdu jako pozorovatel užil. Všechna další zatmění už pro mě byla spíše stres, protože jsem cítil velkou odpovědnost a staral jsem se hlavně o to, aby mnou pořízené fotografie byly dobré a nebyly tak znehodnoceny finanční náklady do expedice vložené. Úplná zatmění Slunce nastávají na Zemi v jedno až dvouletých intervalech a často na místech, kam je složité a drahé se dostat. Úplné zatmění pak trvá několik málo minut a někdy dokonce jen několik desítek

*Mohutná erupce na Slunci 7. června. 2011 jejíž obraz byl vytvořen matematickou metodou PM-NAFE z dat kosmické sondy NASA SDO*

sekund. A tak jediná chyba při pořizování dat může zničit vše, protože nic se nedá opakovat. Do poslední chvíle tak společně s kolegy kontrolujeme veškerou aparaturu a kamery, aby bylo vše v pořádku a nic se na poslední chvíli nepokazilo. Pak trmeme strachy, aby vše v pořádku proběhlo. Jeden můj německý kolega, který s námi dříve jezdil zatmění pozorovat, prohlásil, že by raději pracoval v továrně na dynamit, protože by to nebylo tak stresující zaměstnání... Ale i já si nakonec tu krásu také užiji – to když analyzuji pořízená data a na monitoru počítače se mi po jejich zpracování objeví krásný obraz slunečního zatmění. Tak to se na něj pak dokážu dívat klidně celý večer.

• *Jak proběhla tato vaše první expedice za zatměním Slunce?*

Jako expedici jsem to tehdy ani nevnímal. Spíš jako takový pěkný rodinný výlet za poznáním. Jel jsem totiž i s našimi dvěma dcerami, jedné bylo 11 a druhé 14 let, a skupinkou kamarádů. A protože předpověď tehdy ukazovala, že nad Rakouskem je očekávána poměrně velká oblačnost, vyrazili jsme nakonec za zatměním do Maďarska, kde byla předpověď příznivější. Zatmění se nádherně vydařilo, bylo dokonale jasno a já jsem pořídil mnoho fotografií, které mě nejprve nadchly, a to proto, že se mi vůbec podařilo metrovým teleobjektivem Slunce najít

a ostře zachytit. Ale následně mě hluboce zklamaly. To proto, že tyto fotografie neměly vůbec nic společného s tím, co jsem při zatmění viděl.

• *A proč vámi pořízené fotografie nedokázaly dostatečně věrně zachytit úkaz, který jste pozoroval?*

Abychom pochopili, v čem je problém, musíme si uvědomit, jak funguje fotografie a jak funguje lidské oko. Pohled na zatmění Slunce vlastním okem je jednoduše nádherný. Bohužel se však nedá běžným způsobem zachytit na fotografii pro jeho obrovský kontrast. Fotoaparát, ať už klasický či digitální, je v podstatě zařízení na měření intenzity světla, kterou změní a zachytí v každém obrazovém bodě. Ale lidský zrak se chová úplně jinak – jako analyzátor, který srovnává intenzitu světla v daném obrazovém bodě s intenzitou v jeho okolí. A z těchto srovnání vzniká v našem mozku model reality, který vnímáme. A to je ten kámen úrazu! V případě použití digitálního fotoaparátu je získaný obraz lineární. To znamená, že je tam lineární závislost hodnoty pixelů na množství dopadlého světla, tedy na množství fotonů, které dopadnou na jeden pixel. Ale takový obraz se nedá bez vhodného matematického zpracování rozumně vizualizovat, protože má obrovský kontrast – třeba i 1:1000000. Takže pokud se takový obraz zobrazí na obrazovce počítače, kde máme k dispozici třeba jen 256 úrovní jasu a kontrast 1:800, není tam nic zajímavého vidět.

• *Ale vy jste toužil dělat obrazy, které by odpovídaly tomu, co jsem opravdu viděl. Bylo tedy třeba fotografie nějakým způsobem upravit?*

Dalo by se to tak říci. V pořízené fotografii jsou určité informace, které jsou pro lidské

oko důležité, a některé, které naopak důležité nejsou. Spousta těchto informací je neviditelných. Ty nepotřebné informace můžeme při zpracování zachyceného obrazu vypustit a tím umožnit zviditelnění těch původně skrytých. Proto jsem se rozhodl vytvořit specializovaný software a při zpracování obrazu vypustil informace o absolutním jasu a naopak zachoval informace, nutné ke srovnání daného bodu s jeho okolím. Při tomto způsobu zpracování lze zviditelnit drobné a málo kontrastní detaily, aniž bychom ztratili informaci o obrazu jako celku.

• *Jedná se tedy o následně matematické zpracování původního obrazu. Jak probíhá takový proces?*

Dal by se rozdělit do několika kroků. Prvním z nich je syntéza zachyceného obrazu. V případě zatmění Slunce máme k dispozici stovky obrázků tohoto jevu a k tomu tisíce kalibračních obrázků. Po kalibraci a přesném geometrickém sesazení vznikne tímto složením jediný obraz, který má v rámci daných možností korigované všechny korigovatelné vady a má velmi vysoký dynamický rozsah 64 bitů/pixel.

• *V tu chvíli následuje krok druhý, čímž je vizualizace. Co tyto úpravy obnáší?*

Tímto způsobem se vytvoří obraz, který je sice z hlediska jasu úplně nekorektní, ale je velmi blízký tomu, jak daný jev vidí lidský zrak. Tyto dva obrazy každý zvlášť nemají vlastně žádný význam, protože ten první obraz, který je korektní a kde je správně zachycené množství světla v každém obrazovém bodě, se nedá dobře analyzovat, protože na něm není téměř nic vidět. Zatímco na tom druhém



**Prof. RNDr. Miloslav Druckmüller, CSc.**

(\*1954) absolvoval v roce 1978 PříF Univerzity J. E. Purkyně v Brně, obor odborná matematika. Na stejné fakultě získal v roce 1979 titul RNDr. Od roku 1978 až do současnosti působí na Ústavu matematiky Fakulty strojního inženýrství VUT v Brně, kde postupně získal tituly CSc. (1986) z oboru Procesní inženýrství, doc. (1995) a prof. (2001) z oboru Aplikovaná matematika. Vede výuku aplikované matematiky na oborech Matematické inženýrství, Fyzikální inženýrství a nanotechnologie, Mechanika a mechatronika. V posledních deseti letech byl osmkrát zvolen studenty nejlepším pedagogem v magisterském studiu na Fakultě strojního inženýrství. V letech 2010–2021 byl vedoucím Odboru počítačová grafika a geometrie a 2003–2019 předsedou oborové rady doktorského studia Aplikovaná matematika. V letech 1990–2006 byl členem akademického senátu FSI VUT, 2003–2021 členem Vědecké rady FSI VUT a 2006–2014 členem Vědecké rady VUT. Hlavní oblastí jeho vědecké činnosti jsou numerické metody analýzy obrazů a jejich aplikace především ve fyzice a astronomii. Více jak 15 let spolupracuje s Institute for Astronomy University of Hawaii na výzkumu Slunce. V současnosti je těžištěm jeho výzkumu záření iontů Fe, Ni, Ar a Ca ve sluneční koróně, které je využíváno jako diagnostický nástroj plazmatu koróny. Je autorem řady matematických metod, které jsou využívány pro vizualizaci a analýzu obrazů získaných během úplných zatmění Slunce i pomocí kosmických sond SDO, STEREO, SOHO a Solar Orbiter. Je členem Sluneční sekce České astronomické společnosti. Dlouhodobě se věnuje popularizaci Astronomie. Za posledních 50 let přednesl stovky přednášek s touto tematikou.



Obraz sluneční koróny v období minima sluneční činnosti vzniklý matematickým zpracováním 128 snímků s expozicemi 0,001–1,024 s. Data byla pořízena v severním Chile 2. 7. 2019.

obrazu je spousta podrobností viditelných pro náš zrak, ale tento obraz není korektní z hlediska zachyceného množství světla. A teprve, když se z těchto obrazů vytvoří dvojice, takový „sendvič“, teprve poté má výsledný obraz ten správný význam. V jednom obraze vidíme to, co chceme analyzovat, a v druhém to analyzovat můžeme. Jedná se o dvouvrstvý obraz, jeden je matematicky přesný a druhý je ten vizualizovaný. A v tom je právě to matematické zpracování obrazů sluneční koróny nádherné.

• *V rámci fotografování sluneční koróny spolupracujete s Institute for Astronomy University of Hawaii, která se specializuje na výzkum Slunce. A na počátku této spolupráce stál doslova „zločin století“. Co vás tak nečekaně propojilo?*

Nejprve musím zmínit, že tato spolupráce je moje životní štěstí a je pro moji práci a současné směřování naprosto klíčová. A jak to celé začalo? To je také velice zajímavá historie. Došlo k tomu tak, že mi „kdosi“ ukradl můj snímek a vydával se ve vědecké publikaci za jeho autora. A já jsem to náhodou zjistil a hlavní autorce článku jsem napsal. Byla to hodně zvláštní krádež, kdy jsem pochopil, že i zloděje můžete mít někdy rádi. Díky tomu jsem se totiž seznámil s profesorkou Shadií Habbal, ikonou současné sluneční fyziky. Nejprve jsme si dopisovali v oficiálním váženém duchu, ale postupně jsme oba pochopili, že výzkum Slunce a především jeho zatmění je pro nás oba doslova srdeční záležitostí. A tak se i naše komunikace změnila na velmi osobní. Začali jsme spolupracovat a především vyrazit za zatmění Slunce

společně i s dalšími kolegy. Ze Shadii se tak stala moje velká kamarádka, která již několikrát navštívila moji rodinu i mé pracoviště na VUT v Brně, kde se jí velice líbilo.

• *Díky fotografování zatmění Slunce jste procestoval skoro celý svět. Vozíte s sebou ale téměř půl tuny materiálu. Jak se vaše přístroje do oblastí zatmění Slunce transportují, aby se nic nepoškodilo?*

Mohu říci, že transport techniky je skutečně taková noční můra. To proto, že na jednom pozorovacím místě, kterých bývá navíc několik, potřebujeme mít drahé objektivy, úzkopásmové filtry, k tomu několik paralaktických montáží a přibližně 20 počítačů. Jedná se o velmi drahé a na transport složité přístroje. Nic se nesmí cestou ztratit ani poškodit. Přístroje dáváme obvykle do hliníkových beden, abychom co nejlépe eliminovali riziko poškození, a transport zajišťujeme například doručovací službou typu DHL tak, aby se materiál dostal co nejbližší danému pozorovacímu místu. Odtud pak vše převážíme auty. Ale tu citlivější techniku stejně musíme vozit v příručních palubních zavazadlech s sebou.

• *A stalo se vám někdy, že došlo k nějakému poškození či ztrátě? A bývá personál na letištích ochotný a tolerantní?*

Mně osobně se zatím nic neztratilo, ale jednomu německému kolegovi chtěla letištní ochranka otevřít spektrograf. A on, vědom si, co by se při otevření takového přístroje mohlo stát (cena difrakční mřížky takového přístroje se pohybuje v milionech korun) neváhal a s ostřelou se popral. Asistovala pak u toho i poli-

cie a nebyť skvělých vyjednávacích schopností naší kolegyně z havajské univerzity, asi by kolega strávil sluneční zatmění jinde než na pozorovacím místě.

• *Vytvořil jste obrazy zatmění Slunce, které svým zpracováním ohromily svět. Některé z vašich fotografií převzala NASA jako Astronomický snímek dne a v roce 2009 se váš snímek sluneční koróny z pouště Gobi objevil na titulní straně časopisu Nature. Jak jste se cítil jako autor těchto oslavovaných snímků?*

Pocity jsou to smíšené. Na jedné straně je to hezký pocit, že vaše obrázky uvidí řada lidí, na druhé straně je to pocit zmaru. Strávil jsem roky vytvářením softwaru, týdny a měsíce zpracováním dat a snažil jsem se vytvořit obrazy co nejdokonalější. Pak grafik „přeplácne“ přes obraz nevkusný text, „doladí barvy“ dle vlastního vkusu a kus obrázku uřízne, aby se mu to vešlo na stránku. V nedávné době byl můj obraz na titulní straně jistého velmi prestižního vědeckého časopisu a já jsem jej na první pohled vůbec nepoznal. Paradoxně nejvíce se mi líbil můj dokonale vytištěný celostránkový obrázek, který vyšel v jednom módním francouzském časopise, který byl plný skutečně krásných fotografií často poněkud úsporně oblečených žen. Grafik měl vkus a můj obraz měl ilustrovat nadpozemskou krásu.

• *Fotografoval jste zatmění Slunce v krajinách mrazu, ledu i na pouštích. V jakém prostředí se vám lépe fotografuje a co je pro vaši techniku lepší – zima, nebo spíše teplo?*

Pro naše přístroje je samozřejmě lepší chladnější prostředí, protože CCD nebo CMOS čipy kamer jsou právě z hlediska kvality fotografování chlazeny zhruba na teplotu  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  až  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Nic se ale nesmí přehánět. Při teplotě vzduchu  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  byly kamery sice v pohodě, ale horší to bylo s námi – pozorovateli...

• *Fotografujete Slunce. Chtěl byste jej vidět zblízka, letět k němu? A sledujete i vědecký výzkum a sluneční družice, které se v současné době v jeho blízkosti pohybují?*

Do vesmíru bych letět nechtěl. Dle mého názoru do vesmíru patří přístroje, ne člověk. Sondy Solar Orbiter a Solar Parker Probe jsou úžasným zdrojem nových informací o Slunci, především o sluneční koróně. Určité naše znalosti zásadně rozšíří, ale vždy zůstane řada problémů nevyřešených. O tom, co se děje ve sluneční koróně, rozhoduje totiž především magnetické pole Slunce. Slavný fyzik a nositel Nobelovy Richard Feynman prý jednou ve své přednášce řekl „Kdo tvrdí, že dokonale rozumí magnetickému poli, je buď podvodník nebo šílenec“. A s tím nelze nesouhlasit.



Pozorovací místo expedice za úplným zatměním Slunce 1. srpna 2008 v Mongolsku v poušti Gobi

• *Pokud byste měl zhodnotit výsledky vaší práce, který z nich je pro vás nejdůležitější?*

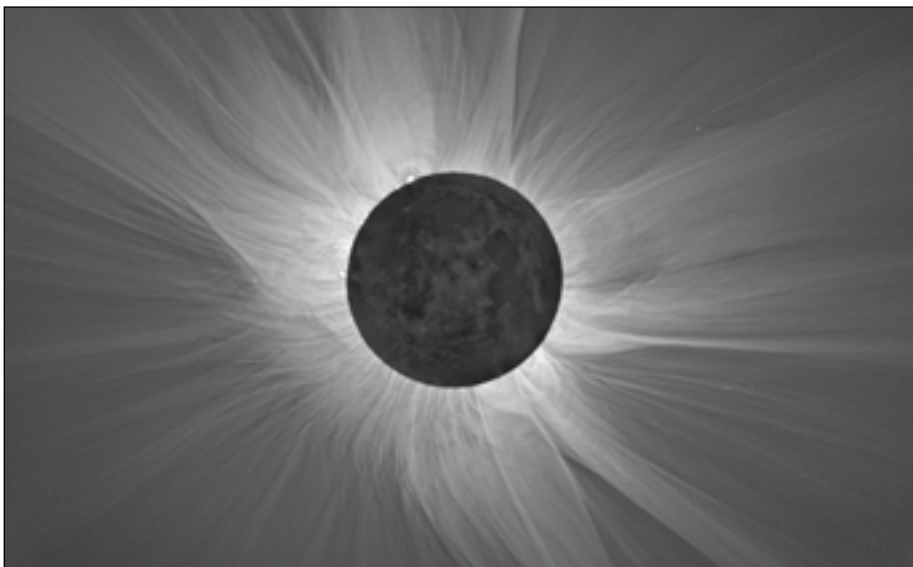
Pokud bych měl vybrat některý z výsledků svojí činnosti, kterého si hodně považuji, pak by to jistě bylo nalezení hranice bezkolizního plazmatu ve sluneční koróně. Jedná se o výzkum, založený na pozorování těžkých iontů železa, které by se bez metod, které používáme, daly jen obtížně nalézt. Jde totiž o to najít hranici, za kterou se složení jmenovaných iontů už nemění. To proto, že se tyto ionty už nikdy nepotkají s elektrony, aby mohly rekombinovat. Takže pokud se nacházíme za hranicí bezkolizního plazmatu, tak už je úplně jedno, jestli jmenované ionty pozorujeme ze vzdálenosti jednoho slunečního poloměru nebo ze vzdálenosti Jupitera, protože ony mají pořád stejné složení.

• *Ve svém výzkumu se též věnujete těžkým iontům ve sluneční koróně. Jak jste se k tomuto tématu dostal a co všechno se dá z emise těchto iontů zjistit?*

Z pozorování iontů železa, niklu, vápníku a argonu se dá zjistit spousta úžasných věcí. Kromě již zmíněné hranice bezkolizního plazmatu je to například elektronová teplota v různých částech sluneční koróny a struktura magnetického pole Slunce. K tomuto výzkumu jsem se dostal v roce 2008 na expedici za zatměním Slunce v Mongolsku, které organizoval můj kamarád a skvělý sluneční fyzik **Vojtěch Rušin** ze Slovenské akademie věd. Tehdy jsem se poprvé seznámil s profesionálními filtry, kterými se dají tyto částice pozorovat. Když jsem později začal spolupracovat s týmem prof. Shadii Habbal (Institute for Astronomy University of Hawaii), zjistil jsem, že i oni se tímto výzkumem zabývají. Byl jsem skutečně nadšen, že se tímto způsobem podařilo takové důležité profesionální propojení. V současné době tak havajská Univerzita tento projekt podporuje finančně a já do této spolupráce vnáším matematické zpracování pořízených dat. V posledních letech se v rámci této spolupráce tým z Ústavu matematiky FSI VUT v Brně podílí též na vývoji pozorovacích metod a konstrukci pozorovacích aparatur.

• *Dá se nějakým způsobem shrnout, co vše jste při pozorování zatmění Slunce zjistili a následně publikovali?*

To se dá stručně těžko říci. Je to obsahem asi 50 vědeckých článků, které jsme na toto téma v posledních 17 letech publikovali. Zkusím to přiblížit na jednom z našich objevů. V roce 2008 jsem našel ve sluneční koróně do té doby neznámé struktury, připomínající kroužky cigaretového dýmu. Od té doby jsem tyto struktury



*Obraz sluneční koróny pořízený na Špicberkách 20. 3. 2015. Obraz vznikl matematickým zpracováním 29 snímků s expozičními 0,0006–4,0 s. Na obrázku je patrná velká koronální díra, což je oblast, ve které nejsou siločáry magnetického pole uzavřeny v blízkosti Slunce a jsou otevřeny do meziplanetárního prostoru.*

nalezl i na obrazech z jiných zatmění. Dlouho jsme netušili, co by to mohlo být. Nakonec se ukázalo, že ty struktury jsou důsledkem různých typů nestabilit v plazmatu sluneční koróny. V roce 2014 jsme o tom napsali článek, ale narazili jsme na problém s oponenty, kteří nám vytýkali – a to právem – že naše závěry jsou postaveny pouze na několika málo obrazech sluneční koróny, a že by to chtělo více materiálu jako potvrzení naší teorie. Článek i přesto vyšel a později byl potvrzen pomocí dat z kosmické sondy Solar Parker Probe v roce 2020. Data z této kosmické sondy ukázala, že tyto struktury jsou taktéž jejím prostřednictvím často pozorovány. Všechny nás to velice nadchlo. Ukázalo se totiž, že detailní informace o magnetickém poli Slunce, které lze získat během úplných zatmění, jsou i dnes, v éře kosmické techniky, prostě nenahraditelné.

• *Dalším vašim významným zjištěním je souvislost protuberancí se sluneční korónou. Co se vám v tomto případě podařilo zjistit?*

Tuto zajímavou věc jsme odvodili z pozorování záření různých iontů železa. Zjistili jsme, že nad protuberancemi jsou takové téměř prázdné prostory, kterým se říká koronální dutiny a které jsou vyplněny horkým plazmatem. Zjistili jsme to tak, že se nám podařilo vytvořit přesné teplotní mapy sluneční koróny.

• *V roce 2010 jste získal ocenění České astronomické společnosti Kopalovu přednášku a za rok 2023 jste obdržel Nušlovu cenu. Co pro vás tato ocenění znamenala?*

Kopalova přednáška byla pro mě takovým prvním popudem, že to, co dělám, má nějaký

smysl a že to ti ostatní berou na vědomí. Já jsem se totiž do té doby cítil spíše pořád jenom matematikem a neměl jsem příliš pocit, že bych patřil do komunity astronomů. Považoval jsem se za zájemce o astronomii, ale nikoliv za toho, kdo do astronomie něco vkládá. A díky Kopalově přednášce jsem začal přemýšlet o tom, že vlastně dělám něco, co má skutečně smysl i pro tu astronomii samotnou. A to byla pro mě velká pozitivní motivace!

• *Pilně se věnujete popularizaci vědy. Myslíte, že je to důležité – vysvětlovat lidem populární formou různá vědecká témata?*

Popularizace vědy je velice důležitá. Lidé postupně ztrácí zájem o vědu a její výdobytky jim připadají samozřejmé. Kdekdo chodí trvale s krabičkou v ruce, kouká a fuká do ní celý den a vůbec mu nepříjde divné ani zajímavé, že to funguje. Sedne do letadla, které s ním obletí půl zeměkoule a není fascinován. Prostě to funguje... Věda začíná být neviditelná, a to je špatně. Když mladý člověk nechce nic zkoumat a vynalézat, ale chce být třeba youtuberem nebo influencerem, není to dobře. Popularizace vědy je pokus alespoň trochu to napravit.

• *Máte nějaké životní krédo?*

Když opominu to první, které jsem zmiňoval na začátku rozhovoru – tedy to, co říkal tatínek: „Dělej co chceš, ale dělej to pořádně!“, tak mám ještě jedno, které se týče především sportu, ale myslím, že je lze aplikovat i na celý život. „Bez boje mě nedostanou...“.

• *Děkuji vám za rozhovor (za Astropis se ptala Jana Žďárská)*