

# Rozhovor s astronómkou Anetou Wiśniewskou

*Zaujímavosti o našej najbližšej hviezde – Slnku a vykonávaní povolania vedkyne sa dozviete v tomto rozhovore so slnečnou fyzičkou z Astronomického ústavu SAV, v. v. i., Anetou Wiśniewskou. Otázky nám zaslala verejnosť v rámci výzvy „Opýtaj sa astronómky!“ pri príležitosti Medzinárodného dňa žien a dievčat vo vede 11. februára 2025.*



**Budeme v budúcnosti schopní získať viac energie priamo z nášho Slnka a efektívnejšie?**

Verím, že áno! Je dosť možné, že v budúcnosti budeme môcť viac a efektívnejšie využívať energiu zo Slnka. Technológia solárnej energie sa neustále zlepšuje – s pokrokom v oblasti solárnych panelov, solárnych

fariem a dokonca aj v konceptoch, ako sú satelity využívajúce solárnu energiu. Ako vyvíjame lepšie skladovacie systémy a efektívnejšie metódy premeny energie, môžeme pozorovať, že slnečná energia sa stáva dominantným zdrojom. Je vzrušujúce premýšľať o tom, ako by sme mohli využiť Slnko ako prakticky neobmedzený zdroj energie!

### **Z akej najkratšej vzdialenosti je možné pozorovať Slnko sondami?**

Parker Solar Probe (PSP) je momentálne držiteľom rekordu v najväčšom priblížení k Slnku. Dostáva sa k nemu až na vzdialenosť 7 miliónov kilometrov.

### **Budeme v budúcnosti vedieť ovplyvniť slnečné protuberancie a ich vplyv na Zem?**

V súčasnosti nemáme technológiu na priame ovplyvňovanie slnečných protuberancií. Tieto masívne erupcie na Slnku sú poháňané ohromnými magnetickými silami a ich ovládanie alebo zmena je mimo našich súčasných možností. V budúcnosti by sme však mohli potenciálne zlepšiť našu schopnosť predpovedať slnečnú aktivitu a zmierniť jej účinky. Vďaka lepšej predpovedi vesmírneho počasia by sme mohli byť schopní chrániť naše technológie na Zemi (ako sú satelity, energetické siete a komunikačné systémy) pred dopadmi slnečných búrok.

### **Ako vidíte pokračovanie aktuálneho slnečného cyklu?**

Očakáva sa, že súčasný cyklus, t.j. 25. slnečný cyklus, dosiahne vrchol okolo roku 2025/2026 so zvýšenou slnečnou aktivitou, ako sú slnečné škvrny, slnečné erupcie a výrony koronálnej hmoty (CME). Okrem toho sa vo všeobecnosti zvýšilo množstvo vzplanutí v 24. a 25. slnečnom cykle v porovnaní s 23. cyklom, najmä pokiaľ ide o frekvenciu silnejších erupcií. Počas 24. slnečného cyklu bol zaznamenaný výrazný nárast erupčnej aktivity a očakáva sa, že 25. slnečný cyklus bude nasledovať tento trend s

ešte väčším výskytom slnečných erupcií, keď sa blížime k vrcholu okolo roku 2025. Intenzita erupcií, podobne ako erupcie triedy X, však ešte nedosiahla extrémne úrovne pozorované v minulých cykloch. Toto zvýšenie erupčnej aktivity by mohlo viesť k výraznejším vplyvom na pozemské technológie, ako je satelitná komunikácia a energetické siete.

### **Skúmate pomocou helioseizmológie aj odvrátenú stranu Slnka?**

Áno, je možné študovať odvrátenú stranu Slnka pomocou helioseizmického prístupu. Moja súčasná práca sa však viac zameriava na vlny, ktoré by mohli byť spojené s najenergetickejšími udalosťami, ako sú slnečné erupcie alebo erupzívne protuberancie. Skúmam súvislosť medzi oscilačným výkonom, jeho dominantnou frekvenciou a potenciálom pre aktivitu vzplanutia. Štúdiom týchto vln a ich vzťahu k slnečným erupciám a protuberanciám môžeme pridať ďalší kúsok do skladačky poznania, čím sa zlepší naša schopnosť presnejšie predpovedať vesmírne počasie. Celé je to o lepšom pochopení Slnka, aby sme chránili naše technológie a robili presnejšie predpovede!

**Akými fázami prejde Slnko počas svojho života a ako dlho bude trvať, kým Slnko „zomrie“? Ak sa povedzme o 1 miliardu rokov ľudia pozrú na aktuálnu fotografiu Slnka z toho dňa a porovnajú ju s fotkou z dneška, uvidia nejaké zaujímavé rozdiely?**

Predpokladáme, že Slnko má okolo 4,5 miliardy rokov a zostáva mu asi 5 miliárd rokov, kým sa premení na bieleho trpaslíka, takže je v polovici svojho života. Slnko je momentálne vo vývojovej fáze hviezdy na hlavnej postupnosti, teda vo svojom jadre neustále premieňa vodík na hélium. O približne 5 miliárd rokov (fáza červeného obra) sa v jeho jadre minie vodík a hélium sa začne premieňať na ťažšie prvky (uhlík a kyslík). V tejto fáze sa Slnko masívne zväčší a pohltí Merkúr, Venušu a možno aj Zem. 😬 Takže v tom čase by pozorovania Slnka neboli práve tým, čím by sme sa najviac zaoberali. :) Slnko bude oveľa väčšie (až zhruba 200-násobok súčasnej

veľkosti!), oveľa, oveľa jasnejšie (okolo 2000–násobok dnešnej svietivosti), povrch sa ochladí (na približne 3000–4000 °C), farba sa posunie do červeno-oranžovej, pretože chladnejšie hviezdy vyžarujú viac červeného svetla.

Po tom, ako Slnko vyčerpá zásobu hélia, bude jeho jadro tvorené zväčša uhlíkom a kyslíkom. V súčasnosti sa v jadre Slnka zlučuje vodík pri teplote okolo 15 miliónov stupňov Celzia. Keď sa začne zlučovať hélium (fáza červeného obra), jadro sa zahreje na približne 100 miliónov stupňov Celzia. Ale zlučovanie uhlíka na kyslík? Na to by bola potrebná teplota aspoň 600 miliónov stupňov Celzia! Preto Slnko nebude schopné spaľovať uhlík alebo kyslík (na to má príliš nízku hmotnosť). Vonkajšie vrstvy sa stanú nestabilnými a budú odhodené do priestoru, čím sa vytvorí žiariaca obálka plynu – toto je štádium planetárnej hmloviny. Slnko zomiera ako biely trpaslík tvorený prevažne uhlíkom a kyslíkom, pričom nikdy nedosiahne podmienky potrebné na fúziu uhlíka. Bieli trpaslíci časom vyhasnú, pretože v nich nedochádza k premene žiadnych prvkov.

Takže o 1 miliardu rokov bude Slnko stále hviezdou na hlavnej postupnosti, ale bude:

- jasnejšie (okolo 10% zvýšenie svietivosti)
- trochu väčšie
- jadro bude horúcejšie, ale povrchová teplota takmer rovnaká (asi 5778 °C)
- stále žltkasté, možno mierne belšie v dôsledku nepatrného zvýšenia efektívnej teploty
- väčšia slnečná aktivita – ako Slnko starne, je energetickejšie, s viac slnečnými škvrnami a slnečnými búrkami

Celkovo však bude stále vyzeráť veľmi podobne ako dnes, ale bude nebezpečne zohrievať Zem.

## **Pri pozorovaní cez slnečnú fóliu vidíme na povrchu Slnka okrem čiernych škvŕn aj biele škvŕny. O čo ide?**

Spomínané biele škvŕny sú flokuly a fakuly – svetlé oblasti spojené so silnými magnetickými poľami. Niekedy môžu byť v bielom svetle viditeľné aj silné slnečné erupcie.

Flokuly sú svetlé škvŕny v chromosfére, ktoré sa často nachádzajú v blízkosti slnečných škvŕn. Sú viditeľné v bielom svetle a v takzvaných H-alfa filtroch a sú spojené s aktívnymi oblasťami, kde silné magnetické polia koncentrujú plazmu. Magnetické pole stláča a ohrieva okolitú plazmu, zvyšuje hustotu a teplotu, čo vedie k väčšej emisii svetla. Vyskytuje sa viac rekombinácií a excitácií atómov vodíka v spektrálnej čiare H-alfa.

Zatiaľ čo fakuly, pozorované ako svetlé oblasti vo fotosfére, sú menej výrazné než flokuly, sú dobre viditeľné v blízkosti okraja slnečného disku. Slnečné magnetické polia otvárajú konvekčné bunky, a umožňujú tak prežarovanie nižšie sa nachádzajúcej teplejšej plazmy. Efekt zjasnenia je viditeľnejší na okraji disku kvôli spôsobu rozptylu svetla v rôznych uhloch.

## **Vznikajú slnečné škvŕny aj na pólach Slnka? Sú póly Slnka niečím špecifické v porovnaní s rovníkovými oblasťami?**

Nie! Slnečné škvŕny sa na pólach takmer nikdy neobjavujú. Je tomu tak preto, že póly Slnka sú v porovnaní s rovníkom čudné. Póly sú hostiteľom veľkého globálneho magnetického poľa, ktoré sa počas slnečného cyklu (cyklus alfa) prekopí každých 11 rokov. Slnečné škvŕny majú zase magnetické polia lokalizovanejšie, ale silnejšie ako sú tie na pólach.

Rovníkové oblasti sa točia rýchlejšie (jedno otočenie za približne 25 dní) ako póly (približne 35 dní), čo vedie k zložitému naťahovaniu a krúteniu magnetických polí. Táto diferenciálna rotácia pomáha vytvárať slnečné škvŕny v nižších zemepisných šírkach, ale nie na pólach. Aktivita slnečných

škvŕn sleduje motýľkový diagram – ako cyklus postupuje, škvŕny migrujú smerom k rovníku.

Slnčné póly majú navyše trvalé koronálne diery, obrovské tmavé oblasti viditeľné na extrémne ultrafialových/röntgenových snímkach, kde je otvorené magnetické pole Slnka. Tie sú hlavným zdrojom rýchleho slnečného vetra (okolo 800 km/s), ktorý uniká do vesmíru. Na druhej strane, póly je zložitá študovať, pretože Zem obieha blízko slnečného rovníka. Iba kozmické družice ako Ulysses a Solar Orbiter nám poskytnú pohľad na póly.

**Ako rýchlo sa mení štruktúra slnečných škvŕn? Deje sa to v priebehu hodín, dní či mesiacov? Ako dlho by sme museli pozorovať Slnko voľným okom napríklad cez solárnu fóliu, aby sme zaznamenali nejaké zmeny? Tiež by ma zaujímala rovnaká otázka, ale ohľadom slnečných erupcií.**

Slnčné škvŕny sú neustále aktívne a časom sa menia. Štruktúra slnečnej škvŕny sa môže vyvíjať v trvaní hodín až dní – počas tejto doby sa môže zlúčiť s inou, zväčšiť alebo dokonca rozdeliť. Veľké zmeny, ako napríklad objavenie sa alebo zmiznutie slnečnej škvŕny, môžu trvať niekoľko dní až týždňov, najmä ak ich pozorujeme pomocou solárnej fólie.

Slnčné erupcie sú rýchle udalosti – môžu vzniknúť, uvoľniť energiu a rozptýliť sa v priebehu niekoľkých minút až hodín. Tieto vzplanutia nastanú, keď sa magnetické polia v atmosfére Slnka náhle prepoja, čím sa uvoľní množstvo energie. Preto môžu vybuchnúť v priebehu niekoľkých minút! Vzplanutia triedy X (tie najväčšie) sú intenzívne, ale zvyčajne trvá niekoľko minút až hodín, kým sa úplne vyvinú. Pri pozorovaní by ste si všimli vznik erupcie v priebehu niekoľkých minút, ale nie je to tak, že by ste erupciu videli na dlhú dobu, pokiaľ nebudete mať šťastie s načasovaním. Väčšinou veľmi rýchlo vzplanú a vyhasnú. Takže áno, ak sa budete pozerať cez

solárnu fóliu, môžete zaznamenať objavenie sa erupcie, ale slnečné škvrny by si vyžadovali trochu viac trpezlivosti počas dlhšieho obdobia! 🔥 😊

**Moja otázka sa týka slnečných protuberancií. Zaujíma ma, ako vlastne vznikajú a ako môžu teoreticky ovplyvniť život na planéte Zem, ak sú v určitých časových periódach veľmi silné. Môžu narušiť napríklad elektroniku, bezdrôtové siete a podobne?**

Slnečné protuberancie vznikajú, keď je plazma držaná nad povrchom Slnka magnetickými poľami. Ak sa stanú nestabilnými a vybuchnú, môžu uvoľniť veľké množstvo energie vo forme výronu koronálnej hmoty (CME). Silné CME môžu ohroziť pozemskú elektroniku, bezdrôtové a energetické siete narušením magnetického poľa planéty, ktoré spôsobí geomagnetické búrky.

**Pozerali ste sa na hviezdy a chceli o nich vedieť viac už od mala?**

Áno, bola to jedna z mojich obľúbených činností. Moja fascinácia astronómiou začala po návšteve poľského planetária počas základnej školy.

**Ako ste dospeli k tomu, že sa stanete astrofyzičkou?**

Vždy som milovala pozorovanie nočnej oblohy a čítanie kníh o vesmíre, planétach a, paradoxne, sci-fi literatúru o mimozemských civilizáciách. Vybrala som si štúdium fyziky, pretože to bolo pre mňa fascinujúce a zároveň relatívne jednoduché. Počas štúdia som si uvedomila, že astronómia je mojou skutočnou vášňou a chcela som ju preskúmať hlbšie. V roku 2010 som ako mladá studentka začala pracovať v zahraničí a analyzovať slnečné dáta – a odvtedy sa tomu venujem! Som veľmi lojálna svojim snom a stále ich je veľa, ktoré chcem dosiahnuť. 😊

**Vnímate/vníмали ste akúkoľvek diskrimináciu žien vo vede aj na vlastnej koži?**

Nie, nikdy som sa ako žena necítila diskriminovaná. Fyzici a astronómovia tvoria veľmi otvorenú vedeckú komunitu a moji kolegovia ma vždy rešpektovali – ako ženu možno dokonca viac! 😊 Bolo povzbudzujúce vidieť, že žena vie vypočítať rovnaké veci ako muž.

**Čo Vás najviac fascinuje v práci a posúva vpred (vášeň, zvedavosť...)?**

Na mojej práci ma najviac fascinuje pozorovanie Slnka najväčšími slnečnými ďalekohľadmi v Európe. Zážitok z pobytu vo výške okolo 2 km nad morom je nezabudnuteľný. Navyše, vidieť zblízka slnečné útvary – také, ktoré sú oveľa väčšie ako Zem – je neuveriteľné. Aby som odpovedala na Vašu otázku, zvedavosť je vždy stredobodom vedy, ale svoju prácu musíte naozaj milovať, aby ste dlho vydržali drsné podmienky daného prostredia (nízky tlak, riedky vzduch a extrémne sucho).

**Ako trávite voľný čas?**

V podstate by ste ma mohli nazvať „renesančným človekom“. Mám veľa koníčkov, vrátane jazdy na koni, hrania na gitare, maľovania, fotografovania a lyžovania. 😊 Najviac času však trávim s rodinou a priateľmi. Baví ma aj tancovať bachatu! Haha. 😊

**Keby ste si mali vybrať akékoľvek iné štúdium okrem astrofyziky, ktoré by to bolo?**

Jednoznačne architektúra! 😊 Alebo možno pilot vrtuľníka – to by sa mi tiež páčilo!

**Čo by ste poradili mladým ľuďom, ktorí by sa chceli uberať buď astrofyzikou alebo iným odvetvím STEM (Veda, technika, inžinierstvo a matematika)? Vymenujte aspoň 6 tipov.**



1. Zostaňte zvedaví – vždy sa pýtajte a snažte sa pochopiť „zmysel“ v pozadí javov.
2. Poučte sa z neúspechu – nebojte sa robiť chyby. Sú súčasťou vzdelávacieho procesu.
3. Zamerajte sa na riešenie problémov – schopnosť kriticky myslieť a riešiť výzvy je v oblasti STEM kľúčová.
4. Získajte praktické skúsenosti – stáže, projekty alebo práca s mentormi môžu prehĺbiť vaše znalosti.
5. Zostaňte vytrvalí – oblasti STEM môžu byť náročné, ale vydržať je nevyhnutné pre úspech.
6. Sieť a spolupráca – budujte vzťahy s kolegami, profesormi a odborníkmi. Tímová práca často vedie k prelomom!

### **Súhrn akých vlastností (povahových črt) je ideálnych pre úspešnú kariéru vo vede?**

Myslím si, že pre úspešnú kariéru vo vede by ideálny súbor vlastností zahŕňal: zvedavosť, pozornosť k detailom, dobré komunikačné schopnosti, trpezlivosť, tímová práca, vytrvalosť a viera vo svoj vlastný úspech. Dôvera vo svoje schopnosti udržiava motiváciu a sústredenosť.

### **Chceli ste niekedy letieť do vesmíru?**

Haha, v skutočnosti nie! 😊 Aj keď je moja zvedavosť na najvyššej úrovni, uvedomujem si aj nebezpečenstvá spojené s takýmito výletmi. Naozaj si cením svoje zdravie a pohodu... a rozhodne by som neopustila svoju rodinu preto, aby som dosiahla osobné ciele.

### **Bavila Vás fyzika v škole (na základnej/strednej)?**

Iste, ale pre mňa to bol ľahký predmet – veľmi fascinujúci. V škole som sa viac trápila s dejepisom, haha!

## **Pred čím vo vesmíre máte najväčší rešpekt?**

Čo ma naplňa najväčšou bázňou vo vesmíre? Jednoznačne čierne diery a supernovy. Čierne diery so svojou schopnosťou deformovať časopriestor sú tajomné a silné. Myšlienka, že by mohli spájať vzdialené časti vesmíru, je skutočne ohromujúca. A supernovy so svojou neuveriteľnou energiou a tvorbou prvkov ukazujú surovú silu vesmíru. Oboje vo mne vyvoláva pocit, akoby sme nachádzali iba na povrchu porozumenia vesmíru!

## **Aké je zastúpenie žien vo Vašej profesii, teda v štúdiu astronómie a výskume?**

Medzinárodná astronomická únia (IAU) uvádza, že celosvetovo tvoria ženy len asi 16,6% jej členov, čo poukazuje na výraznú rodovú nerovnováhu v tejto oblasti. Na Slovensku sú ženy vo výskume astronómie stále málo zastúpené.

## **Čo Vás motivovalo k výberu Vašej profesie? Naplňa Vás to aj ako koníček?**

Veľmi ma bavilo pozorovať hviezdy a spoznávať súhvezdia. Úžasné ticho na miestach ďaleko od akejkoľvek civilizácie vo mne vyvolalo pocit, že som v magickom priestore. Vždy to vo mne vzbudilo zvedavosť – sme vo vesmíre sami? Potom som začala skúmať Slnko... a zamilovala som si to! ☀

## **Ako je ocenená Vaša práca?**

Schopnosť predpovedať energetické udalosti, ktoré sa odohrávajú na Slnku, by bola mojím najväčším úspechom!