

## Pozorování sluneční činnosti v pásmu velmi dlouhých vln

JOSEF HUBEŇÁK – JAN ŠLÉGR

Přírodovědecká fakulta UHK, Hradec Králové

### Úvod

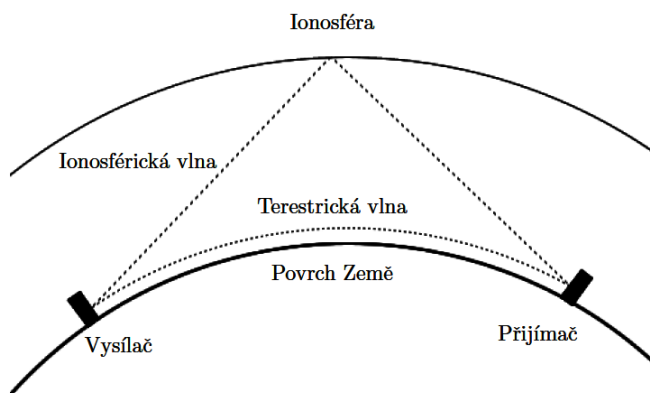
Ve světě existuje několik projektů, které by měly pomoci přitáhnout zájem mládeže ke studiu astrofyziky, potažmo přírodních věd vůbec. Zde se jedná zejména o projekt americké agentury NASA *Radio Jove* (rádio Jupiter) zaměřený na příjem radiových emisí planety Jupiter (blíže např. v [1], [2]) nebo u nás rozšířený projekt CZELTA [3], zabývající se kosmickým zářením. Rádi bychom představili projekt, který s velmi jednoduchým zařízením umožňuje studovat sluneční erupce, dozvuky gama záblesků a určovat fyzikální vlastnosti ionosféry během těchto dějů.

### Ionosféra jako detektor slunečních erupcí

Již dlouhá léta je znám princip tzv. ionosférického zrcadla – za vhodných podmínek je možné odrazem od ionosféry přijímat signály velmi vzdálených vysílačů v pásmu velmi krátkých vln. Radioamatéři znají tento jev jako vytvoření tzv. sporadické vrstvy Es. Podobné děje se v mnohem větší míře projevují v pásmu velmi dlouhých vln (s frekvencí řádově v desítkách kilohertz). Taková elektromagnetická vlna, která se šíří odrazem od ionosféry (obr. 1), kde je zobrazena tato tzv. ionosférická vlna a rovněž vlna terestrická, tedy šířící se obvyklým způsobem při povrchu Země), se odráží zejména od nejnižší ionosférické vrstvy D ve výšce 60 až 100 km. Zde jsou ionizovány molekuly NO zářením čary  $\alpha$  Lymanovy série (121,5 nm) a molekuly  $N_2$  a  $O_2$  rentgenovým zářením. Právě citlivost

této vrstvy na záření čáry Lyman- $\alpha$  způsobuje typický průběh odrazivosti během dne s maximem v poledne, kdy Slunce svítí na ionosféru pod nejmenším zenitovým úhlem a ionizace je nejvyšší. Citlivost na rentgenové záření pak umožňuje pozorovat sluneční erupce.

Během sluneční erupce se ionizace této vrstvy prudce zvýší, což vede jednak k rozšíření D vrstvy do nižších vrstev atmosféry, jednak ke zvýšení koeficientu odrazivosti pro dlouhé vlny. Důsledkem je, že v místě pozorování prudce vzroste elektrická intenzita elektromagnetické vlny, což se projeví nárůstem napětí na anténním svodu. Během několika hodin, jak se deexcitací molekul vrací ionosféra do původního stavu, napětí opět klesne.



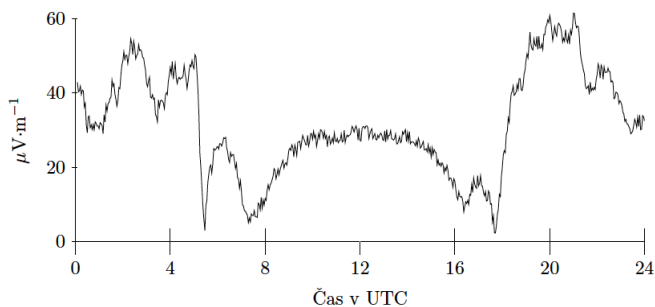
Obr. 1 Šíření elektromagnetické vlny

## Detektor ionosférických poruch

Pro techniku použitou k pozorování se vžil název *Sudden Ionospheric Disturbance Monitor* (monitor náhlých poruch v ionosféře), zkráceně SID monitor. V minulosti byly tyto detektory realizovány jako přijímače s laděným obvodem na vstupu, za kterým následoval zesilovač. S rozšířením osobních počítačů se však prosadilo jiné řešení: Cívková anténa, která není naladěna na jednu konkrétní frekvenci, s širokopásmovým zesilovačem o zesílení přibližně 1 000. Napětí v řadu desítek mikrovoltů na svorkách cívky je tak zesíleno řadově na desítky milivoltů a vedeno do vstupu zvukové karty. Zde je provedena rychlá Fourierova transformace a zaznamenána úroveň signálu na předem nastavených frekvencích.

Díky tomuto řešení je možné již při prvním zapnutí detektoru pomocí vhodného programu zjistit, které vysílače je možné v místě pozorování zachytit. Ve většině případů se jedná o vojenské vysílače, které používají armády různých zemí ke komunikaci s ponorkovým loďstvem. Tyto signály jsou šifrovány a obsahují většinou časové standardy a meteorologické informace. V tomto případě nás však zajímá pouze intenzita elektromagnetické vlny, takže není zapotřebí nic dešifrovat. V projektu je použita cívková anténa tvořená padesáti závity lakovaného drátu o průměru 0,3 mm navinutá na čtverci o straně 50 cm. Její výstup je připojen k zesilovači, který zesiluje signál ve frekvenčním rozsahu 16 až 25 kHz. Soustava anténa – zesilovač je kalibrována pomocí Helmholtzových cívek, takže je znám převodní faktor mezi intenzitou elektrického pole a napětím na výstupu a naměřeným hodnotám uloženým v počítači lze přiřadit hodnoty intenzity. Díky tomu je možné provádět absolutní měření.

Data jsou zpracovávána programem v prostředí Borland Delphi 7, který bude k dispozici včetně zdrojových kódů na stránkách projektu [4]. Program ukládá amplitudy signálu na zadaných frekvencích do souboru ve formátu CSV, se kterým lze jednoduše pracovat v programech jako Microsoft Office Excel nebo OpenOffice Calc. Zároveň program vytváří graf, který může být umístěn na webových stránkách školy.



Obr. 2 Záznam SID monitoru z 6. 3. 2012

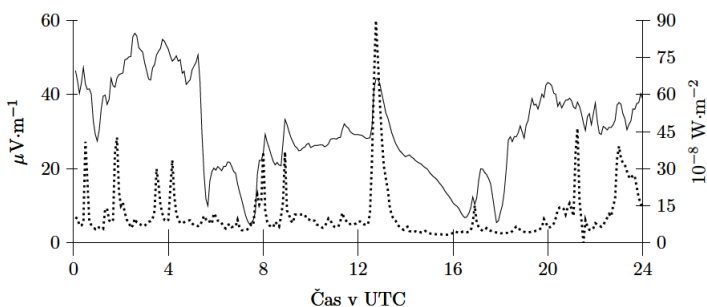
Na obr. 2 je vynesena závislost elektrické intenzity přijaté vlny na čase ze dne 6. března 2012. Použitá frekvence 22,1 kHz odpovídá vysílači GQD, který je umístěn poblíž městečka Skelton ve Velké Británii a vysílá s výkonem 40 kW. V noci je ionosféra velmi neklidná, což se mění s východem

Slunce. Maxima denní odrazivosti je dosaženo v poledne, protože koncentrace iontů je závislá na ozáření atmosféry, pro které platí

$$E_e = \frac{I_e}{r^2} \cos \alpha,$$

kde  $I_e$  je zářivost Slunce,  $r$  jeho vzdálenost od Země a  $\alpha$  úhel, pod kterým paprsky dopadají. Proto je denní část křivky symetrická s maximem v poledne. Nárůsty a poklesy intenzity během východu a západu Slunce jsou způsobeny skládáním dvou fázově posunutých elektromagnetických vln – vlny terestrické, šířící se při zemi, a vlny odražené od ionosféry, která se šíří po delší dráze a tedy mezi těmito dvěma vlnami existuje fázový rozdíl. Z grafu je patrné, kdy při východu a západu Slunce dojde k maximálně destruktivní interferenci.

Na obr. 3 je záznam z 12. března, kdy došlo k několika erupcím. Nárůst ionizace a tedy i intenzity přijímané vlny je dobře patrný. Tečkovaně je vynesena hodnota toku měkkého rentgenového záření vlnových délek 0,1 – 0,8 nm, jak jej zaznamenala sonda ze skupiny GOES (*Geostationary Operational Environmental Satellites*), nesoucí rentgenový detektor. Tato data je možné stáhnout z FTP serveru Národního úřadu pro oceán a atmosféru (NOAA) [5].



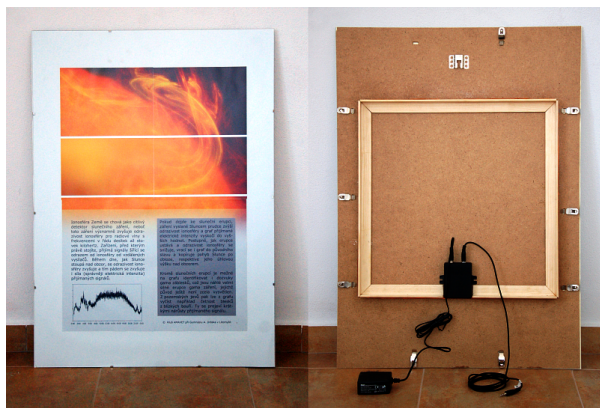
Obr. 3 Záznam SID monitoru z 12. 3. 2012, tečkovaně družice GOES

## Projekt mapování sluneční činnosti

Náš projekt si klade za cíl zapůjčit do škol výše popsané detektory a vytvořit síť měřících stanic. Díky měření intenzity na více místech lze určovat hodnoty různých fyzikálních veličin v ionosférické vrstvě D, jako

je výška, ve které došlo k odrazu, koeficient odrazivosti a index lomu pro radiové vlny a v neposlední řadě objemovou hustotu elektronů, která ovlivňuje odrazivost. Díky čtyřriadvacetihodinovému záznamu lze určovat, jak se tyto veličiny mění během dne, roku a během slunečních erupcí.

Na rozdíl od podobného projektu SuperSID, který vytvořilo Stanfordské centrum pro výzkum Slunce (viz [6]), kde je navíc měření pouze relativní, nabízíme technickou podporu v místě instalace. Mnohé školy si sice pořídily detektor SuperSID a posílají data do databáze Stanfordského centra, ale tato data jsou nepoužitelná, protože je přijímač umístěn nesprávně, nebo je pro pozorování příliš silné rušení (viz archiv naměřených dat [7], kde je pouze na několika málo záznamech patrná typická křivka jako na obr. 2).



Obr. 4 Přední a zadní strana zkonstruovaného detektoru

Na obr. 4 je detektor pro použití ve vnitřních prostorách školy. Protože je jako základ konstrukce použit rám na obrazy, je možné na samotný detektor umístit informace o měření a pozorovaných jevech, které si mohou přečíst kolemjdoucí.

Věříme, že podobně jako projekt CZELTA nabízí i projekt mapování sluneční činnosti studentům možnost vyzkoušet si skutečnou vědeckou práci, zpracování a filtrování dat, porovnání s jinými zdroji a pomocí těchto jednoduchých prostředků pozorovat zajímavé a dynamické jevy v zemské atmosféře. Školy, které by měly zájem o účast v projektu, nechtě kontaktují autory na adrese [jan.slegruhk.cz](mailto:jan.slegruhk.cz).

## Literatura

- [1] THIEMAN, J. R. NASA's Radio JOVE Project: Home Page [online]. 23. 2. 2012 [cit. 2012-3-20]. Dostupný z WWW: <http://radiojove.gsfc.nasa.gov/>
- [2] Šlégr, J.: Předpověď a pozorování radiových emisí z planety Jupiter. In Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 55 (2010), No. 4, 297-301. ISSN 0032-2423
- [3] Beneš, P., Smolek, K. Czelta: Základní přehled a popis technického vybavení [online]. 4. 4. 2007 [cit. 2012-3-20]. Dostupný z: <http://www.utef.cvut.cz/czelta/>.
- [4] Šlégr, J.: Projekt mapování sluneční činnosti 19. 3. 2012, [cit. 2012-3-20]. Dostupný z: <http://lide.uhk.cz/pdf/student/slegrja1/slunce>
- [5] Lists of Solar-Geophysical Data GOES X-ray Data [online]. [cit. 2012-3-20]. Dostupný z: <http://www.swpc.noaa.gov/ftpmenu/lists/xray.html/>
- [6] The SID Monitor – Space Weather Monitors [online]. 2008 [cit. 2012-3-20]. Dostupný z: <http://solar-center.stanford.edu/SID/sidmonitor/>
- [7] SID Data Access 2012 [cit. 2012-3-20]. Dostupný z: <http://sid.stanford.edu/database-browser/>

# Zajímavé úlohy z historie astronomie

VLADIMÍR ŠTEFL

Přírodovědecká fakulta MU, Brno

Hvězdná obloha svojí tajemností a krásou vždy přitahovala mladé lidi, byla a je zdrojem neopakovatelných emocí a hlubokých estetických prožitků. Obdobně je zajímavé a vzrušující sledovat historický vývoj astronomie. Umocněným motivačním nábojem pro svoji přitažlivost se vyznačují úlohy z historie astronomie. Jsou v článku uspořádány v časovém historickém pořadí. Mohou pomoci při motivaci ve výuce fyziky na středních školách.

Před několika tisíci léty astronomie vznikla z potřeb určování času a orientace na Zemi. Vycházela z geometrie a matematiky, obloha sloužila jako nejstarší praktická učebnice. Důvtipnými metodami opírajícími se především o trigonometrické úvahy dokázali antičtí astronomové určovat ze změny polohy a délký stínu gnómonu časový interval – rok. Později