

# Zadání studentského projektu

*Název projektu:* Studium polohy a pohybu magnetopausy Země

*Vedoucí projektu:* doc. RNDr. Jana Šafránková, DrSc.

*Charakter projektu:* zpracování družicových dat a jejich fyzikální interpretace

*Termín ukončení projektu:* 30. září 1999

*Řešitelé:* Štefan Dušík, Martin Karáč, 2. ročník

*Popis projektu:*

## Současný stav problematiky

*Magnetopausa* je hranice, na které dochází k vyrovnání tlaku slunečního větru s tlakem zemského magnetického pole. Již první měření umělých družic ukázala zřetelnou diskontinuitu magnetického pole nacházející se přibližně v očekávané vzdálenosti od Země. Postupně bylo desítkami umělých družic zaznamenáno mnoho přesečení magnetopausy v různých místech meziplanetárního prostoru a za různých podmínek ve slunečním větru. Postupné zpracování těchto dat vedlo k závěru, že na polohu magnetopausy má vliv nejen tlak slunečního větru, ale i velikost a směr meziplanetárního magnetického pole, které je slunečním větrem unášeno.

Tvar a poloha magnetopausy je obvykle popisována plochami druhého řádu prokládanými body, určenými na základě pozorovaných přesečení magnetopausy různými umělými družicemi. Jednotlivé modely se od sebe liší soubory experimentálních dat, použitých k aproximaci nebo tvarem funkce, kterou je magnetopausa aproximována.

V současné době jsou nejčastěji používány následující modely:

- A) *Roelof and Sibeck, 1993* popisují magnetopausu rotačním elipsoidem, jehož parametry závisí na tlaku slunečního větru a velikosti  $B_Z$  složky meziplanetárního magnetického pole. Platnost modelu autoři omezují na rozsah tlaků 0.5 - 8 nPa a velikostí interplanetárního magnetického pole od -7 nT do 7 nT.
- B) *Shue et al., 1997* používá poněkud jiného vyjádření souřadnic, a to pomocí polohového vektoru a úhlu tohoto vektoru od osy X. Rozsah platnosti modelu je deklarován pro tlak v rozsahu 0.5 nPa - 8.5 nPa a pro magnetické pole od -18 nT do 15 nT.

- C) *Kuznetsov and Suvorova, 1996* používají stejná experimentální data jako autoři modelu A a doplňují je o přesečení magnetopausy, registrované na geostacionárních družicích. Jejich model je použitelný až do tlaků 25 nPa. Jejich model používá i stejný souřadný systém jako model A, ale aproximuje magnetopausu dvěma parabolami.
- D) *Petrinec and Russell, 1996* zavádí dvě různé funkční závislosti pro polohu magnetopausy a pro popis tvaru magnetopausy užívá inverzní trigonometrické funkce v závislosti na tlaku slunečního větru a na velikosti  $B_Z$  složky interplanetárního magnetického pole. Model je platný v rozsazích: tlak do 6 nPa a magnetické pole od -15 nT do 10 nT.

Experimentální data, používaná k vytvoření modelů, jsou zatížena dvěma systematickými chybami:

- K přesečení magnetopausy dochází ve většině případů v důsledku jejího přemístování z jedné rovnovážné polohy do druhé vlivem změny vnějších podmínek. Družice znamená magnetopausu v poloze, ve které se právě nachází a není zřejmé, jakým podmínkám ve slunečním větru tato poloha odpovídá.
- Jako odpovídající hodnoty tlaku slunečního větru a meziplanetárního magnetického pole jsou používány buď vysoce středované hodnoty (např. střední hodnota za předchozí hodinu v modelu A), nebo hodnoty naměřené daleko ve slunečním větru a aproximované na základě jednoduchých představ o jeho šíření.

Nejnovější poznatky, založené na současném zpracování dat z mnoha umělých družic (**Němeček et al., 1997**), ukazují, že šíření diskontinuit ve slunečním větru není možno popsat jednoduchou radiální expanzí směrem od Slunce. Kromě toho je možno považovat za prokázané, že za některých podmínek může magnetopausa vykonávat vlastní kmity (**Šafránková et al., 1997**). Tyto vlivy způsobují, že experimentální data vykazují značný rozptyl od hodnot vypočítaných z citovaných modelů. Tento rozptyl je natolik velký, že není možno modely dále upřesňovat, i když poslední měření (**Savin et al., 1997**) nasvědčují tomu, že jednoduchý popis magnetopausy plochou druhého řádu nerespektuje deformaci magnetopausy v blízkosti kaspu.

V posledních několika letech bylo vypuštěno několik umělých družic, které jsou schopny poskytnout vícebodová měření ve slunečním větru (WIND, IMP-8, GEOTAIL), a tím upřesnit jeho parametry v místě dopadu na povrch magnetopausy. Dvě družice projektu INTERBALL, na kterých jsou umístěny přístroje vyrobené na MFF UK, již dva roky registrují přesečení magnetopausy v širokém rozsahu lokálních časů i geomagnetických šířek. Tato skutečnost umožňuje získat data potřebná k upřesnění modelů magnetopausy, a tím k lepšímu pochopení procesů interakce slunečního větru s magnetickým polem Země.

## Cíl projektu

Cílem navrhovaného projektu je:

1. Vyhledat v měřeních družic INTERBALL–1 a MAGION–4 registrovaná přesečení magnetopausy a stanovit jejich souřadnice.
2. Na základě dvoubodových měření určit rychlost pohybu magnetopausy.
3. Přiřadit jednotlivým přesečením podle bodu 1) příslušné parametry slunečního větru a meziplanetárního magnetického pole (složky  $B_Z$ ).
4. Porovnat pozorovaná přesečení s výše uvedenými modely magnetopausy.
5. Odchylky pozorování od modelů klasifikovat podle:
  - dynamického tlaku slunečního větru,
  - směru magnetického pole,
  - rychlosti pohybu magnetopausy,
  - souřadnic.

Na základě tohoto postupu formulovat doporučení pro upřesnění modelů magnetopausy.

## Literatura

- Roelof E.C., Sibeck D.G., Magnetopause shape as bivariate function of interplanetary magnetic field  $B_Z$  and solar wind dynamic pressure, *J. Geophys. Res.*, 1993, **98**, No. A12, 21421.
- Kuznetsov S.N., Suvorova A.V., Empirical model of the dayside magnetopause, *INP MSU Preprint*, **96-37/444**, Moscow, 1996.
- Shue J.-H., Chao J.K., Fu H.C., Russell C.T., Song P., Khurana K.K., Singer H.J., A new functional form to study the solar wind control of the magnetopause size and shape, *J. Geophys. Res.*, 1997, **102**, No. 5, 9497.
- Němeček Z., Šafránková J., Zastenker G., Tříška P., Multipoint study of the solar wind: INTERBALL contribution to the topic, *Adv. Space Res.*, **20**, No.4/5, 659-670.
- Šafránková J., Němeček Z., Přech L., Zastenker G., Fedorov A., Romanov S., Šimůnek J., Sibeck D., Two point observation of magnetopause motion: INTERBALL project, *Adv. Space Res.*, **20**, No.4/5, 801-807.
- Savin S.P., et al., INTERBALL case magnetotail boundary study, *Adv. Space Res.*, **20**, No.4/5, 999-1015.