

Válasz Erdélyi Róbert opponens kérdéseire

Köszönöm Erdélyi Róbert opponensnek a disszertációm gondos olvasását. Részletekbe menő észrevételei igen hasznosak, kár, hogy a dolgozatba már nincs módom belejavítani. Itt gondolok többek között az ábrák hiányzó forrásmegjelöléseire, illetve egyes mérési eredmények statisztikus hibáira, amelyeket sok helyen nem tüntettem fel, ill a 14. oldal után az ábrák elhelyezése miatti nehéz olvasásra.

A konkrét megjegyzésekre, ill. kérdésekre az alábbiakban próbálok meg választ adni. Egyetérték a 3., 4., 5., 6., 7., 14. és a 15. megjegyzésekkel, a továbbiak:

2) 10. oldal: Nem világos mit ért a szerző "solar upper atmosphere"-en, mivel a TR tulajdonságait használja, ami mindössze pár 100 km, míg a SUA ennél jóval kiterjedtebb.

Valóban, nem az érvényes terminológiát használtam, amely szerint a komplex szoláris felső atmoszféra (Solar Upper Atmosphere) az a tartomány, amelyben az elektronok hőmérséklete 3×10^4 és 3×10^7 K között van.

8) "Az Ekliptikától távol végzett Ulysses mérések alapján vált világossá, hogy a napszélben két jól elkülöníthető, lassú, ill. gyors komponens figyelhető meg". Ez az állítás sokat bírált az irodalomban, érdemes lenne diszkutálni.

A gyors és lassú napszél populációja az új megfigyelések szerint jól elkülönül és szorosan kötődik a koronahőmérsékletéhez. A tárgykört részletesen diszkutálja pl. Erdős and Balogh, ApJ. 753, 130 (2012)

9) 20. oldal: "...magnetoakusztikus hullámok Landau-csillapítás révén fűtik a plazmát..." csak sejtés, és nem tény.

10) Ue. oldal: Alfvén-hullámokon kívül nagyon sok más MHD hullám létezik struktúrált plazmában! Miért az Alfvén hullámok és nem más típusú, nagy valószínűséggel szintén manifesztálódó MHD hullám(ok) játszhatnak determinisztikus szerepet?

Jogosak az észrevételek, de azt írtam, hogy „az erre vonatkozó elméleti magyarázatok egyik osztályában”, és más lehetséges magyarázatokat is említettem, nem a teljesség igényével. Miután a vita még nem dőlt el és nem létezik általánosan elfogadott elmélet, más magyarázatok is lehetnek, melyek között más MHD hullámok is szerepelhetnek.

11) "A Nap forgástengelye 7,5 fokkal tér el az Ekliptika síkjától" állítás nem helyes.

Valóban, csúnya slendrián hiba, az Ekliptika síkjától helyett „az Ekliptikára merőleges iránytól”-t kellett volna írni és 7,5 fok helyett inkább a jelenleg elfogadott 7,25-öt.

12) 30. oldal: Nem logikus, hogy 3.1-et tárgyalja a szerző 3.2 után, miután megállapított, hogy 3.2 nem érvényes a jelen esetben.

A (3.1) Parker-egyenlet akkor érvényes, ha a v részecskesebesség sokkal nagyobb, mint a V plazmasebesség. Ennél általánosabb a fókuszált transzportot leíró (3.2) egyenlet, a (3.1) korlátozott érvényessége azonban nem jelenti azt, hogy közelítésként nem lehetne használható igen sok esetben, pl. amikor a szóródási szabad úthossz jóval kisebb a Naptól mért távolságnál. Valóban logikusabb lenne a (3.2) egyenletet később, a (3.1) speciális esetei után tárgyalni.

13) 31. oldal teteje: Miért Alfvén és nem kink hullám?

Az interplanetáris plazmában a mágneses tér és a plazmasebesség fluktuációinak teljesítményspektruma széles tartományon belül hatványfüggvényt követ kb. $-1,7$ meredekséggel egészen kb. 1 Hz frekvenciáig. A sebesség és a mágneses tér fluktuációk erős korrelációban vannak, ebből szokás következtetni az Alfvén-hullámok jelenlétére.

Az értekezésben a részecskeszóródást nem tárgyaltam teljes részletességgel, valóban, a kink, vagy gyors ferde irányú magnetoszonikus hullámok is okoznak szóródást. A napszélplazmában kialakuló turbulens mágneses tér két komponensből áll. Egyrészt ún. slab hullámokból, amelyek párhuzamosak a rendezett térrel, ez dominánsan kétdimenziós, amely nem okoz részecskeszóródást. A másik összetevőt a gyors ferde irányú magnetoszonikus hullámok jelentik, amelyek kompresszívok (ld. pl. Schlickeiser et al., ApJ, 719, 1497, 2010). Energikus részecskék esetében a nagy irányszögeknél történő rezonáns (a részecskék girofrekvenciájának megfelelő) szóródás fontos, amely polarizált Alfvén-ciklotron és ferde magnetoszonikus hullámokon is történhet. Az Alfvén-hullámokra alkalmazott kvázilineáris közelítést a magnetoszonikus hullámokra is kidolgozták, ezzel a (3.5) képletet általánosították (pl. Vainio, ApJS, 131, 519, 2000).

16) 47.old. "Emiatt a háttér pontos meghatározása nem okozott jelentős problémát."... Miért "emiatt"? Ez kifejtésre szorul.

Itt az előző mondatra akartam utalni: „A részecskedetektorokkal leggyakrabban vizsgálni kívánt ... jelenségek jelentős fluxusnövekedéssel járnak, ezekhez képest a gyenge nap- és interplanetáris tevékenység idején észlelt, időben alig változó alacsony fluxusok vizsgálata háttérbe szorult.” Azaz, lényegében nem vizsgálták, illetve nagyságrendi becslésre szorítottak.

17) 49. oldalon mennyire valós a 2. feltevés? És

18) 51. oldalon mennyire reális (2) in-situ környezetben?

Feltehetjük, hogy ha izotrop irányeloszlású, időben állandó energiaspektrumú részecskékkel sugározzuk be a detektort, akkor az egyes események során az a detektorokban leadott energiák eloszlása nem függ az időtől, azaz pl. kétszer annyi idő alatt az egyes energiaintervallumokban detektált események száma kétszer akkor lesz. Az itt használt a feltevés ennél erősebb, azt jelenti, hogy az eloszlások nem függenek az energiaspektrumtól sem. Ez nem triviális feltételezés, hiszen nagy eseményeknél kb. 10 MeV energia alatt a spektrum jóval meredekebb, mint a háttér. A fizikai indoklás annyi lehet, hogy az egyes energiatartományok, amelyekre a hisztogramok készültek, igen keskenyek. A feltételezés jogosságát az döntötte el, hogy több nagy fluxusú eseményt összehasonlítva a nyugodt időszakokkal a PIN szerinti eloszlás a névleges részecskenyom közelében azonosnak bizonyult. Ugyanezt a háttérre nem feltételeztem.

19) 70. oldal, 4.21 ábra: Miért mutat a SOHO graduálisan más spektrumot?

Erre a nagy különbségre a magyarázat legvalószínűbben a műszerekben keresendő. Mind a Helios különböző naptávolságnál talált energiaspektrumai, mind a SOHO EPHIN teleszkópnak a két naptevékenységi minimum nyugodt időszakában vett spektrumai önmagukban konzisztensek, a Helios minimumok kb. 15 MeV-nél, míg a SOHO-é 5 MeV körül vannak. Igaz, 10 MeV körül az abszolút fluxusok jól megegyeznek. Ha viszont a SOHO másik, ERNE teleszkópjának spektrumát tekintjük (4.12 ábra), ott kb. 7 MeV-től lefelé haladva a fluxus erősen emelkedik, emlékeztetve a Helios görbékre. Valószínűbb, hogy a Helios és az ERNE esetében a háttérrel alulbecsültem, a SOHO EPHIN teleszkópja a Heliosokénál mintegy 20 évvel újabb, kevésbé zajos, az ERNE magasabb háttéré pedig ismert, így az 5 MeV körüli spektrális minimum tűnik reálisnak. Sajnos itt az első, front detektor vastagsága megszabja az elérhető alsó határt, ami protonokra gyakorlatilag 1,5 MeV, az ez alatti spektrumokat csak más technikával lehet mérni, amelynél súlyosabb háttérproblémák merülnek fel.

20) 80. oldal, 4.34 ábra: Miért mutat V1, V2 ennyire eltérő fluxust?

A 4.34 ábrán az igyekezet ellenére nem teljesen nyugodt időszakok is szerepelnek a kisméretű szoláris események elégtelen kiszűrése miatt. Ha csak napfoltminimum időszakokat használok, akkor a távolságfüggés sokkal hiányosabb lett volna. Ez az oka annak, hogy a legalacsonyabb energiát jelentő 1,8-2,5 MeV-es vörös vonal a Voyager-2 esetében 20 és 40 Cs.E. között 2-5-ös faktossal magasabb, mint a Voyager-1-nél. A 2,5-8,1 MeV intervallumban az eltérés sokkal kisebb.

22) 109. oldal: Milyen novel fizikát nyerünk az egyes elemek energiaspektrumának javasolt összehasonlításából?

Az ionok energiaspektruma mindenekelőtt a megfelelő energiára történő felgyorsítás mechanizmusát tükrözi, de szerepet játszik benne a forrás (core) populáció természete, illetve ezek bejutásának, injektálásának folyamata abba a térrészbe, ahol a gyorsítás lezajlik. Itt igen fontos lenne a különböző töltésű azonos tömegű ionok összehasonlítása, de ehhez újabb misszióra van szükség.

23) 112. oldal: Mi a fizikai magyarázat a SEP események megfigyelt két fázisára?

A szoláris energikus részecskeesemények csökkenő fázisában elég ritkán (nem több, mint az események 10%-ban) lehet két élesen elkülönülő szakaszt megfigyelni (néha hármat is). A magyarázat valószínűbben inkább térbeli, mint időbeli, az észlelő a napszélplazmában mozogva egy olyan térrészbe kerül át, ahol mások a terjedési viszonyok (diffúziós szabad úthossz a más turbulencia miatt, vagy tároló alakul ki speciális mágneses tér konfiguráció következtében). A ritka megfigyelhetőség azzal függ össze, hogy a lefutó fázisnak gyakran csak az elejét látjuk az újabb események miatt.

24) 117. oldal: Milyen fizikai alapon lettek ezek az energiatartományok kiválasztva?

Ebben az esetben a fluxusokat nem az eredeti impulzusmagasságokból számítottam ki, az energiantervallumokat a műszer fedélzeti szoftvere határozta meg. Nagy beütésszámú eseményeknél ma is ezt a megoldást alkalmazzák, de pl. SOHO-nál utólagos korrekciót alkalmaznak, amelynek a ritkább ionoknál van jelentősége. Az energiantervallumok logaritmikusan közelítőleg azonos szélességűek a hatványfüggvény-eloszlás miatt, de a teleszkópok egyes detektorainak vastagsága is megszabja őket.

25) 120. oldal: Miért nem tükrözi a 8.7 ábra a két-komponensű napszelet?

Az ábrán és a statisztikában csak olyan események szerepelnek, ahol folytonos napszélesség változása. A Föld körül keringő IMP-8 esetében nehéz lenne találni olyan eseményt, amely során végig nagy a napszélesség. Ugyanakkor továbbgondolva jó ötletnek tartom, érdemes lenne az Ulysses méréseiben keresni olyan eseményeket, ahol mód nyílik a gyors, ill. lassú napszél esetén a csökkenő fázis összehasonlítására.

Budapest, 2013. június 20.

Kecskeméty Károly