

Válasz Dr. Szegő Károly opponensi véleményére

Köszönöm Szegő Károly alapos és részletes bírálatát és értékes kérdéseit.

A 22. oldalon sajnos valóban kimaradt a $k_0(\omega)$ definíciója: $k_0(\omega)=\omega/c$. Az 1.6 ábrára való hivatkozás szintén nem teljesen pontos, a *baloldali* ábrán egy, az Antarktiszon észlelt whistler jelalakja és dinamikus spektruma, míg *jobboldalon* egy számított whistler jelalakja és dinamikus spektruma látható. A jelalakot az 1.14 egyenletben szereplő összefüggés alapján számoltuk.

Válaszok az opponens által feltett kérdésekre:

1. Adja meg az 1.6. ábrán szereplő számított whistler jelet előállító függvényt.

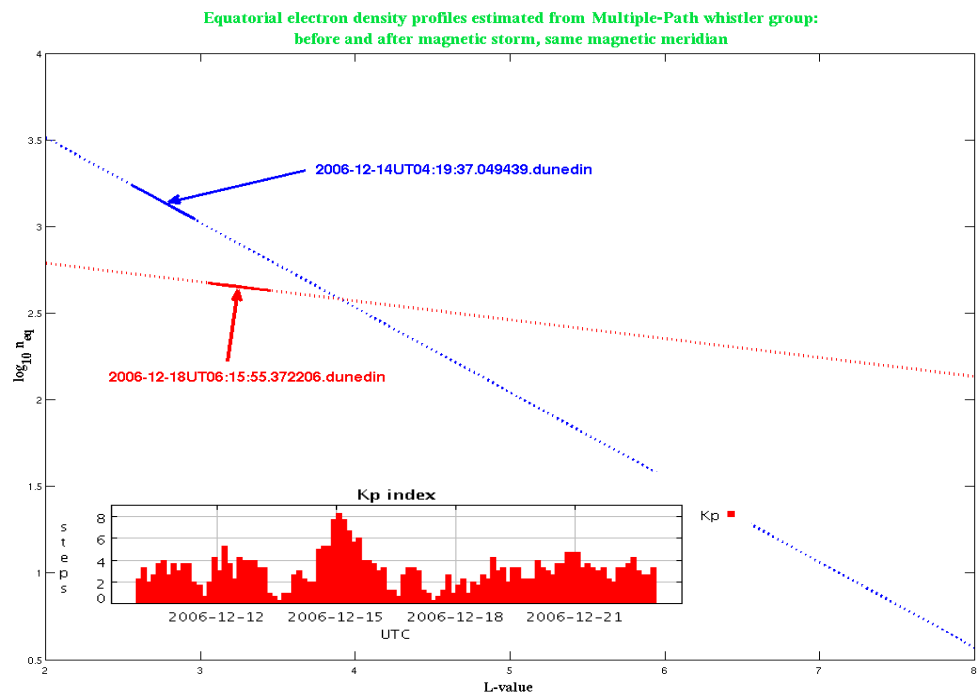
A jelalak az 1.14 egyenletben leírt térerősség-függvényből származik. A fentiekben már leírt félreérthető ábra-hivatkozás miatt lehetett ez bizonytalan.

2. A jelölt többször említi a whistlerek által meghatározott elektroneloszlások és az úridőjárási események szoros kapcsolatát. Kérem, hogy ezt legalább egy példán mutassa be.

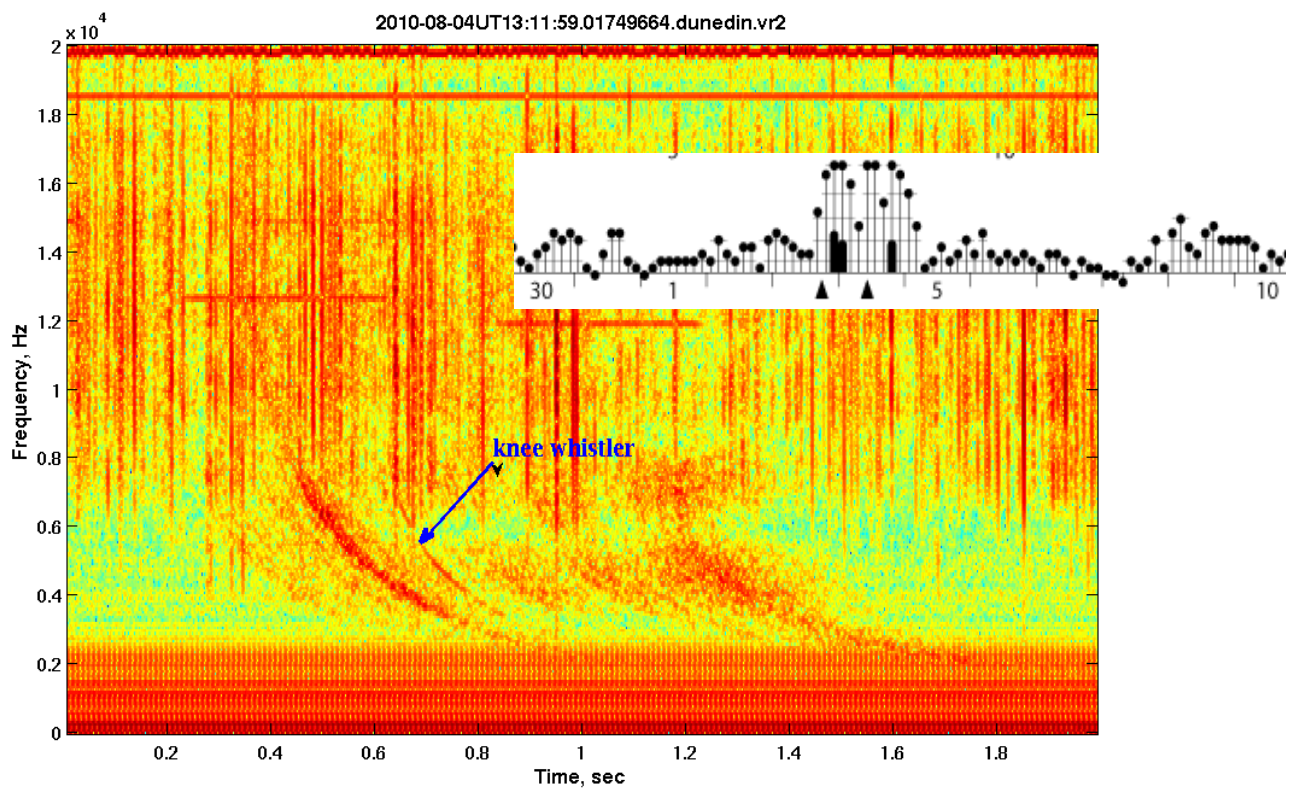
A whistlerek segítségével a plazmaszféra elektronsűrűség változásait, azaz a plazmaszféra dinamikáját tudjuk nyomon követni. Ide érthetjük a napi változásokat is, amelyek a nappal-éjszaka, azaz a helyi mágneses idő változása miatt következnek be, ezek is nyomon követhetők whistlerekkel. Ezt az effektust már a whistlerkutatás korai fázisában vizsgálták (pl. *Park* [1970], *Tarcsai* [1980]). Azonban természetesen sokkal fontosabbak a koronakitörésekhez, geomágneses viharokhoz kapcsolódó úridőjárási események. Ilyenkor a többutas terjedésű whistlercsoportokból származtatott egyenlítői sűrűségprofilokon jól látható a plazmaszféra eróziója, amikor a plazmapauza beljebb került. A plazmaszféra külső határa a külső sugárzási övvel átfedő térség, ahol a hullám-részecske kölcsönhatások gyorsítják az elektronokat relativisztikus energiákra, illetve szórják ki azokat a semleges felsőléggörbe. Ezért a plazmaszféra elektronsűrűsége, mint a hullámterjedés (törésmutató, terjedési tényező) meghatározó tényezője alapparaméter a részecskegyorsítási-kicsapódási folyamatokban. A plazmapauza helye pedig kijelöli azt térrészt, ahol ezek a folyamatok lejátszódnak.

Az I. ábrán a 2006. december 15-i úridőjárási esemény előtt és után észlelt whistlercsoportból számított egyenlítői profil látható. A korábbi (december 14-i) plazmaszféra elektronsűrűsége jóval nagyobb, míg a vihar utáni erodált plazmaszféra sűrűsége az $L<4$ tartományban egy nagyságrenddel kisebb.

A II. ábrán a 2010. augusztus 4-5-i esemény alatt Dunedin-ben észlelt *térd-whistler* látható. A térd-whistlereket a plazmapauza által alkotott elektronsűrűség-gradiens vezeti. A plazmapauza általában $L=4-5$ körül helyezkedik el, azonban a geomágneses vihar fő fázisában a megerősödő gyűrűáram a földi mágneses teret gyengíti, a ko-rotáló térrész térfogata csökken, azaz a plazmaszféra külső határa beljebb kerül. Ezért fordulhatott elő térd-whistler Dunediben, $L=2.7$ -nél! Az első nyom $L=2.308$ -on terjedt és $n_{eq}=2779/\text{cm}^3$ volt, míg a jelölt nyom $L=3.468$ -on terjedt és $n_{eq}=221/\text{cm}^3$ volt.



I. ábra Egyenlítői elektronsűrűség profilok a 2006. december 15-i vihar előtt és után. A folytonos vonal a whistlercsoport által lefedett L-tartományt jelenti.



I. ábra. Térd-whistler a 2010. augusztus 3-i vihar után.

3. Vázzon fel a jelölt egy whistler méréseken alapuló hipotetikus riasztási eljárást űridőjárási eseményre.

Egy ilyen eljárás a 2. kérdésre adott válaszban szereplő térd-whistlerek megfigyelése közepes vagy nagyobb szélességeken, ezek megjelenése az esemény létre, helye (szélessége) pedig annak intenzitására vonatkozóan ad információt. Minél kisebb mágneses szélességű helyen jelennek meg térd-whistlerek, annál nagyobb az esemény hatása a felsőlégrére. Azonban a whistler mérések fő célja és értéke nem csak az űridőjárási események idején a riasztás, hanem a részecskekicsapódás mértékének és időbeli lefolyásának előrejelzésében játszott szerepe. Ez a részecskekicsapódás veszélyezteti a műholdak működését és hatással van a semleges felsőlégrére is (energiabecsapolódás, ózonképződés, stb). E folyamatokat a plazmaszféra változásainak ismeretében lehet csak modellezni.

4. A jelölt mérései alapján mekkora ingadozásokat talált az egyenlítői elektronsűrűségeken, és milyen egyéb paraméterek (mágneses tér, stb.) mellett; mik voltak a legszélsőségebb értékek?

A Tihanyban ($L=1.8$) észlelt whistlerek esetében $2200-11000/\text{cm}^3$ értékeket találtam, amelyek csekély mértékben napszaktól és évszaktól, nagy mértékben a geomágneses aktivitástól függenek. A nagyobb értékek a nyugodt időszakban fordultak elő.

Dunedin ($L=2.7$) esetében a maximum $\sim 5000/\text{cm}^3$ volt, míg a minimum az előbb említett $221/\text{cm}^3$ volt.

5. Mennyire használható más bolygók esetében a whistlerek és a villámlások közötti kapcsolat a villámlások kimutatására?

A földi whistlerekhez hasonló jeleket már találtak a Jupiteren, a Szaturnuszon és a Neptunuszon is. Ezekből villámok létre tudunk következtetni, ugyanis a magneto-ionos közegbeni hullámterjedés törvényszerűségei más bolygókon is ugyanúgy érvényesek. Azonban nem lehet kizárni más fizikai mechanizmusok létét sem, amelyek impulzus-szerű gerjesztőjeleket hoznak létre, pl. vannak olyan feltevések, melyek szerint a szeizmikus folyamatok is létrehozhatnak a szferikához hasonló jeleket, amelyekből aztán whistler keletkezhet.

Budapest, 2011. július 14.

Lichtenberger János