

TEMA BROJA: AURORE

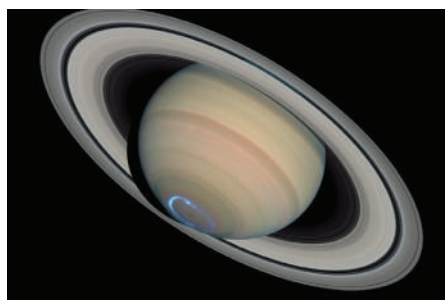
Aurore na drugim planetima i gdje ih sve možemo pronaći

Po analogiji logično je očekivati aurore i na egzoplanetima, tj. planetima oko drugih zvijezda

Piše:
dr. sc. Miljenko Čemeljić

S obzirom na to da su polarna svjetla (aurore) rezultat međudjelovanja magnetosfera Sunca i Zemlje, jasno je da ih možemo očekivati i na drugim planetima. Bar onima koji imaju atmosferu i magnetsko polje, a pokazuje se da i na onima koji ih nemaju! Aurore, uz vidljivo i ultraljubičasto zračenje, emitiraju i u radio dijelu spektra gdje ih možemo promatrati radioteleskopima.

Na svim planetima našeg planetarnog sustava možemo promatrati aurore, ali su one drukčije jer su i uvjeti drukčiji. Najveća razlika je među aurorama na planetima koji imaju magnetsko polje i onima koji ga nemaju (Venera i Mars), a veliku ulogu ima i (ne)postojanje atmosfere oko



Aurora na Saturnu Credits: NASA, ESA, John T. Clarke (Boston University), Zolt G. Levay (STScI)

planeta. Na primjer, Merkur ima magnetsko polje i geometrija njegove magnetosfere je umanjena verzija zemaljske, zajedno s aurorom, ali je premalen i preblizu Sunca da bi imao značajniju atmosferu, ali se pokazalo da sunčev vjetar izbija čestice iz minerala s površine Merkura koje tvore rijedak sloj ioniziranih čestica nisko

uz samu površinu koje onda emitiraju elektromagnetsko zračenje.

Venera nema značajnije magnetsko polje, ali sunčev vjetar izbija čestice iz njezine guste atmosfere koje zatim pokazuju zelenkaste bljeskove u uskom izduženom magnetskom repu, daleko iza nje. Mars također nema magnetsko polje, ali ima mnogo rjeđu atmosferu od Venere i kod njega nema magnetskog repa ni bljeskova iznad ili u repu magnetosfere, nego ispred, na osunčanoj strani planeta. Protoni iz sunčeva vjetra udaraju u rijetku atmosferu Marsa i emitiraju radiozračenje koje mjerimo. To je slučaj protonske aurore.

Aurore

Divovski plinoviti planeti Jupiter i Saturn imaju vlastito magnetsko polje i na njima vidimo aurore koje su na plinskim divovima obično vidljive u ultraljubičastom dijelu spektra. Uz to, na Jupiteru vidimo i magnetsko međudjelovanje s njegova četiri najveća mjeseca gdje se u aurori vide svijetle točke u čvorovima međudjelovanja. Radioemisija tog međudjelovanja je toliko jaka da ju na Zemlji možemo registrirati najprimitivnijim uređajima. Dva manja plinovita planeta, Uran i Neptun, također pokazuju aurore koje su na njima točkaste ili razmazane manje mrlje zračenja. Zanimljiva je činjenica da je radioemisija sa svakog planeta na niskim frekvencijama čak polovica intenziteta zračenja koje dobivamo od mnogo većeg Sunca.

Po analogiji logično je očekivati aurore i na egzoplanetima, tj. planeti-



Aurora na Jupiteru Credits: NASA, ESA, and L. Frattare (STScI)

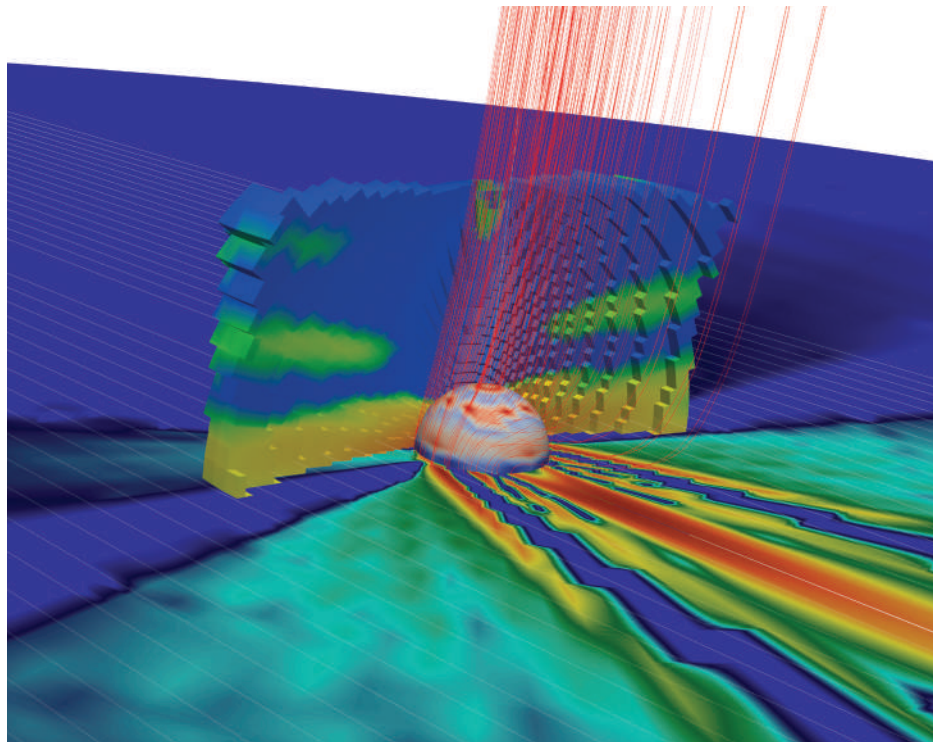
ma oko drugih zvijezda. Detekcija tih aurora bila bi zanimljiv promatrački dodatak proučavanju egzoplaneta. "Bila bi" jer još nema takvog potvrđenog mjerenja. Razlog je jednostavan: maleni su i daleko od nas! Već i mjerenja signala koji dolaze s planeta u našem sustavu, a koji su samo svjetlosne sate udaljeni od nas, su problematična. Stoga je lako zamisliti probleme kod mjerenja signala koji dolaze s planeta udaljenih stotine ili tisuće svjetlosnih godina. Radi se o vrlo slabim signalima!

Vrući Jupiteri

Među do sada pronađenim egzoplanetima mnogo je „vrućih Jupitera“, tj. planeta mase Jupitera u bliskoj orbiti oko matične zvijezde (takve je najlakše uočiti) pa se najviše nade polaže u mjerenja aurora na takvim i ostalim divovskim plinovitim planetima. Patuljaste zvijezde, kao bijeli ili smeđi patuljci, su još jedna mogućnost zbog svog snažnog magnetskog polja kada magnetski međudjeluju s planetima oko sebe. Rijetko opažanje u radiopodručju je upravo sa smeđeg patuljka GJ 1151 u Velikom Medvjedu udaljenog 26 svjetlosnih godina, ali to još nije potvrđeno.

Istraživanja

Postoji i druga zanimljiva mogućnost: autor ovoga članka je, u međunarodnoj kolaboraciji, prošle 2023. godine objavio prvi rad u kojem se temeljem numeričkih simulacija predlaže mjerenje signala s planeta oko pulsara. Pulsari su maleni, ali vrlo gusti objekti koji imaju milijarde puta veće magnetsko polje od Sunca pa je i eventualno međudjelovanje s planetarnim poljem mnogo jače. Pulsari su neutronske zvijezde koje otpuštaju „vjetar“ drukčiji nego što ga ima Sunce jer se dijelom radi i o česticama koje su „iskočile“ iz vakuuma zbog velike gustoće energije blizu površine. Upravo u tome je i najveća zanimljivost izazova koji smo postavili promatračima: mjerenjem aurore s takvih planeta doznali bismo nešto o njihovoj eventualnoj atmosferi, a uz to i parametre zvjezdanog vjetra pulsara! To bi bilo vrlo zanimljivo za astrofizičare koji bi tako dobili prve direktne podatke o ponašanju materijala u blizini pulsara, ali i



Simulacija jednog razmatranog slučaja opisanog u tekstu

za fizičare čestica jer su pulsari zbog ekstremnog magnetskog polja i velike gustoće materije najbolji prirodni laboratoriji. Planeti, s radioemisijom aurore, bi poslužili kao istraživačke sonde u tom vjetru.

Egzoplaneti i pulsari

Planeti oko pulsara su bili prvi slučajno pronađeni egzoplaneti početkom 1990-ih godina. Njihovo postojanje je pokazano vrlo preciznom metodom mjerenja vremenskih promjena u inače vrlo stabilnom signalu pulseva koje mjerimo kada svijetli snop zračenja s pulsara, uslijed njegove rotacije, prijeđe preko nas. Iz tih promjena možemo odrediti masu i udaljenost planeta od pulsara, ali to je sve što tom metodom možemo dobiti. Za više od toga nam trebaju mjerenja koja možemo prikupiti upravo radioteleskopima ako ti planeti imaju aurore koje emitiraju radiovalove.

U našim simulacijama razmatrali smo planet s parametrima poput jednog od tri pronađena oko pulsara PSR1257+12. Radi se o pulsaru radijusa od oko 10 km, okrene se oko svoje osi 161 put u sekundi i ima tipično magnetsko polje za takve objekte - oko milijardu Gaussa (Zemlja ima oko 0.5 Gaussa, tj. oko 50 mikro Tesli). Masa planeta je nekoliko masa Zemlje, udaljen je od pulsa-

ra oko pola udaljenosti Zemlja - Sunce i obide ga u 60-ak dana. Izračunali smo kakva bi se aurora morala inducirati na tom planetu, pretpostavivši da nema atmosferu ni magnetsko polje. Time smo željeli dobiti minimalnu vrijednost za intenzitet međudjelovanja. Ako bi se pokazalo da planet ima vlastito magnetsko polje, tada bi rezultati međudjelovanja mogli biti samo veći, ne manji, čime bi porasle i šanse za njegovo opažanje u radiodijelu spektra.

Simulacija

Rezultati naših simulacija su prikazani na slici koja predstavlja jedan razmatrani slučaj s prikazom linija magnetskog polja (crvene linije), smjerom brzine pulsarskog vjetra (sive linije) i intenzitetom zračenja oko planeta (obojeno) na plohi neposredno ispred planeta i u magnetskom repu iza njega. Izračunamo li koliko je jak signal koji bi došao do nas s udaljenosti od tog sustava (oko 2300 svjetlosnih godina), ispada da ne treba čekati na iduće generacije instrumenata, već postojećim instrumentima morali bismo ga moći detektirati! Članak je objavljen u prestižnom časopisu The Astrophysical Journal Letters (<https://doi.org/10.3847/2041-8213/ad0f1f>) i u njemu je predstavljen naš izazov promatračima.