

**UNIVERZITET CRNE GORE
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET**

Vijeću Prirodno-matematičkog fakulteta

PREDMET: Ocjena master rada kandidata Anđele Vešović, dipl. fizičara

Na sjednici Vijeća Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta Crne Gore, održanoj 5.5.2022. godine, imenovani smo u komisiju za ocjenu master rada pod radnim nazivom: „Karakteristike gravito-akustičkih talasa u gravitacijom raslojenoj atmosferi”, kandidatkinje Anđele Vešović, diplomiranog fizičara. Uvidom u priloženu dokumentaciju komisija Vijeću podnosi sledeći

Izveštaj

o master radu „Karakteristike gravito-akustičkih talasa u gravitacijom raslojenoj atmosferi”.

Predmetni master rad, uz početne stranice, podatke i informacije o magistrandu, izvode rada i sadržaj, sadrži:

Uvod (9 stranica)
Hidrodinamika (15 stranica),
Gravito-akustički talasi u klimatskim modelima 36 stranica),
Diskusija (1 stranica),
Zaključci (2 stranica);
Literatura (7 stranica).

Predmet istraživanja:

Predmet istraživanja su osobine gravito-akustičkih talasa koji se prostiru u raslojenim fluidima. U ovom istraživanju je akcenat stavljen na atmosferu koja je modelirana i opisana hidrodinamičkim jednačinama. Isti princip se može koristiti i za modeliranje atmosfere drugih planeta i zvijezda (jedna od njih je i Sunce) ali i mora i okeana kod kojih je prisutno raslojevanje pritiska i gustine vode usled djelovanja gravitacije. Gravito-akustički talasi u ovako raslojenoj sredini mogu nastati djelovanjem kompresione sile i sile potiska. Svaka od ovih sila može

proizvesti harmonijske oscilacije djelića atmosfere (odn. elementa fluida) koji je malo pomjeren iz ravnotežnog položaja. Ponašanje talasa u gravitacijom raslojenoj sredini je mnogo komplikovanije nego u homogenoj sredini jer:

1. Gravitacija uvodi prioritetni pravac pa je prostiranje talasa anizotropno;
2. Uticaj gravitacije modifikuje akustičke talase;
3. Sila potiska omogućava postojanje niskofrekventnih gravitacionih talasa;
4. Raslojavanje nameće tzv. frekvencije prekida (cut-off frequency) koje ograničavaju prostiranje akustičkih i gravitacionih talasa u dijagnostičkom prostoru talasnih dužina i frekvencija, tzv. $Kp-\omega$ prostoru.

U ovom radu, na osnovu hidrodinamičkih jednačina u raslojenom fluidu, izvodimo disperzionu jednačinu u analitičkom obliku. Ova jednačina nam daje tačan pregled frekvencija i talasnih dužina prostirućih gravito-akustičkih talasa i talasa koji se ne mogu prostirati već su vezani za granicu koja razdvaja dvije različite sredine npr. dva različita atmosferska sloja. Ovi talasi su evanescentni i vrijednosti njihovih frekvencija su između frekvencija prekida gravitacionih i akustičkih talasa. Odredićemo uslove pod kojima uticaj gravitacije na akustičke mode ostaje značajan kao i ponašanje ovih talasa u oblastima dugih i kratkih talasnih dužina.

Motiv i cilj magistarskog rada:

Motiv istraživanja je aktuelnost proučavanja gravito-akustičkih talasa u fizički različitim sredinama kod kojih je izraženo gravitaciono raslojavanje. Ovi procesi se korektno, bez mnogo aproksimacija, mogu opisati hidrodinamičkim Navije-Stoksovim jednačinama koje se mogu riješiti analitički. Poseban interes za proučavanje ovih talasa pokazuje klimatologija koja proučava pojave koje dovode do promjena temperature na površini Zemlje i u pojedinim djelovima njene atmosfere. Osim astronomskih faktora koje je uspješno proučavao M. Milanković a koji djeluju na klimu naše planete, postoje i fizički faktori koji su do skoro bili nepoznati. Oni se ogledaju u uticaju Sunčeve radijacije na klimu planeta Sunčevog sistema. Dosadašnja istraživanja govore da na klimu utiče ne samo intenzitet Sunčevog zračenja već i njegov spektralni sastav. Upravo taj sastav, koji se značajno mijenja tokom 11-godišnjeg Sunčevog ciklusa, bitno utiče na mehanizme zagrijavanja naše planete kroz dva procesa-jedan je odozdo na gore (bottom-up mechanism) a drugi je odozgo na dolje (top-down mechanism). U prvom procesu je značajan dio spectra u oblasti vidljive svjetlosti i infracrvenog zračenja, dok je u drugom procesu dominantan ultraljubičasti dio spectra. U savremenoj nauci je izazov ostvariti pouzdana mjerenja u varijacijama UV zračenja jer od pouzdanosti podataka zavisi i pouzdanost naučnih predviđanja vezanih za klimu. Nekoliko projekata se bavilo ovim problemom-

- projekat TOSCA sa ciljem procjene doprinosa varijabilnosti Sunčevog

- zračenja klimi na Zemlji;
- SOLID, evropski projekat koji je imao za cilj spajanje svih rasutih korisnih podataka o spektralnom sastavu Sunčevog zračenja u jedan jedinstveni set podataka;
- projekat međunarodne grupe naučnika ISSI sa ciljem prikupljanja što više podataka koji se odnose na Sunčevo zračenje I na uticak kosmičkih energetskih čestica na procese u atmosferi Zemlje. Dakle, rad u ovoj oblasti je intenzivan, kompleksan, sveobuhvatan jer se odnosi kako na teorijske modele koji uključuju I analitičke I numeričke klimatske šeme, tako I na eksperimentalne I statističke modele za obradu velikog broja podataka. Osim toga, čitava oblast proučavanja uticaja Sunčevog zračenja na klimu na Zemlji je multidisciplinarni tako da se problem vezani za klimatske promjene sagledavaju iz uglova nekoliko naučnih disciplina.

Cilj ovog istraživanja je da postavi gravito-akustičke talase kao sveprisutne u atmosferi u focus procesa prenošenja toplotne energije između različitih slojeva atmosfere. Naime, klasični procesi prenošenja toplote u fluidima konvekcijom odn. miješanjem nisu pogodni za procese u atmosferi iz razloga postojanja stabilnih slojeva (tzv. pauze) koji ovo miješanje onemogućavaju. Kao glavni kandidati za procese prenosa toplote javljaju se talasi koji se mogu prostirati u raslojenoj atmosferi-gravito-akustički talasi. U zavisnosti od njihovih osobina, prije svega frekvencija, može se govoriti o efikasnosti kojom oni mogu prenositi energiju između različitih atmosferskih slojeva. Poznato je da u procesima "top-down", u kojima porast UV zračenja tokom 11-godišnjeg Sunčevog ciklusa iznosi (5-8)% izaziva zagrijavanje stratosphere u složenim procesima proizvodnje I destrukcije ozona koji apsorbiraju ovo zračenje, to povećano zagrijavanje se može gravito-akustičkim talasima prenijeti na niži sloj atmosphere-troposferu u kojoj dodatna toplota utiče na promjenu klimu naročito na regionalnom nivou kroz promjene cirkulacije vazduha od tropskih ka polarnim predjelima. Tako dolazi do promjena u stujanjima prvenstveno zapadnih vjetrova koji utiču na klimu Sjeverne Amerike, Kanade I sjeverne Evrope. U ovom istraživanju se razmatra transmisija energije putem talasa jer je to najefikasniji poznati mehanizam u navedenim procesima u atmosferi. Cilj je što bolje teorijsko sagledavanje osobina gravito-akustičkih talasa kako bi se dobro shvaćena njihova priroda mogla iskoristiti za izradu što preciznijih I realnijih klimatskih modela.

Metode:

U radu se primjenjuje analitički metod rješavanja hidrodinamičkih Navije-Stoksovih jednačina koje mogu dobro da opišu gravitacijom raslojene fluide.

Ograničićemo se na atmosferu Zemlje koju smatramo primjerom upravo takvog fluida. Na jednačine koje opisuju osnovno stanje razmatranog sistema primijenimo model malih adijabatskih perturbacija. Ove perturbacije su harmonijske u prostoru i vremenu i mijenjaju se sa z koordinatom koja opisuje visinu atmosferskog sloja u odnosu na površinu Zemlje. Na ovaj način ćemo dobiti disperzionu jednačinu koja povezuje frekvencije talasa sa njihovim talasnim brojevima- K_p je horizontalni talasni broj na koji gravitaciona sila nema uticaj i K_z vertikalni talasni broj na koji utiče raslojavanje odn. gravitaciona sila koja ga izaziva, Metodom aproksimacija koje se odnose na visoke i niske vrijednosti talasnih brojeva K_p i K_z očekujemo da dobijemo granične vrijednosti odn. frekvencije prekida (cut-off frekvencije)- akustičku cut-off frekvenciju ispod koje se ne prostiru gravitacijom modifikovani akustički talasi i Brunt-Vejsalovu frekvenciju iznad koje se ne prostiru gravitacioni talasi.

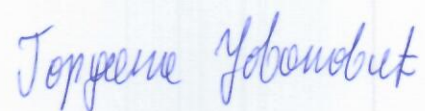
Zaključni stav i predlog:

Na osnovu analize master rada, Komisija je ustanovila da je zadata tema dobro istražena korišćenjem odgovarajuće naučne metodologije. Predlažemo Vijeću Prirodno-matematičkog fakulteta da odobri odbranu master rada „Karakteristike gravito-akustičkih talasa u gravitacijom raslojenoj atmosferi”, kandidatkinje Anđele Vešović.

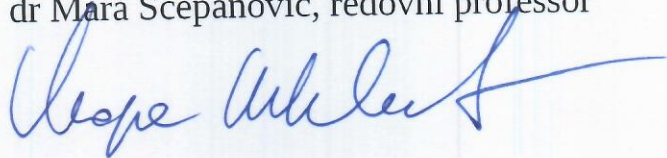
U Podgorici, 6.10.2022.

Članovi komisije:

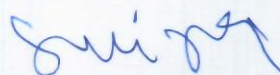
dr Gordana Jovanović, vanredni professor

Handwritten signature of Gordana Jovanović in blue ink.

dr Mara Šćepanović, redovni professor

Handwritten signature of Mara Šćepanović in blue ink.

dr Slavoljub Mijović, redovni profesor

Handwritten signature of Slavoljub Mijović in blue ink.