

**NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU MAŠINSKOG FAKULTETA
UNIVERZITETA U NIŠU**

Predmet: Recenzija rukopisa

Na osnovu odluke broj 612-449-4/2008 od 24.04.2008. godine Nastavno-naučnog veća Mašinskog fakulteta Univerziteta u Nišu, imenovan sam za recenzenta rukopisa pod nazivom

**TERMODINAMIKA II
- osnove prostiranja toplote i materije**

čiji su autori:

dr Gradimir Ilić, red. prof. Mašinskog fakulteta Univerziteta u Nišu,
dr Mića Vukić vanr. prof. Mašinskog fakulteta Univerziteta u Nišu,
dr Nenad Radojković, red. prof. Mašinskog fakulteta Univerziteta u Nišu u penziji,
dr Predrag Živković, docent Mašinskog fakulteta Univerziteta u Nišu,
mr Ivan Stojanović, Zavod za izradu novčanica i kovanog novca Beograd.

Na osnovu uvida u dostavljeni rukopis podnosim sledeći

IZVEŠTAJ O RECENZIJI

Rukopis, dostavljen na recenziju sadrži ukupno 412 stranica teksta, od čega je osnovni tekst prikazan na 396 strana, a naslovna strana, generalne informacije, predgovor i sadržaj imaju ukupno 14 strana, dok je spisak od 40 relevantnih referenci dat na dve strane. Rukopis ne sadrži prilog. Rukopis sadrži 152 slike i 17 tabela.

Rukopis, pored Predgovora, Sadržaja, Spiska najvažnijih oznaka, Uvoda i Osnovne literature, sadrži dvadeset poglavlja: 1. Suština provođenja toplote i osnovni zakoni, 2. Stacionarno provođenje toplote, 3. Analitičke metode rešavanja problema nestacionarnog provođenja toplote, 4. Konvektivno prostiranje toplote, 5. Aproksimacije konzervacionih jednačina konvektivnog prostiranja toplote pri laminarnom strujanju, 6. Analitičko rešavanje konvektivnog prostiranja toplote pri laminarnom strujanju, 7. Prostiranje toplote pri turbulentnom strujanju, 8. Konvektivno prostiranje toplote pri opstrujavanju tela (spoljna konvekcija), 9. Prostiranje toplote pri slobodnoj (prirodnoj) konvekciji, 10. Prostiranje toplote pri promeni agregatnog stanja fluida, 11. Prostiranje toplote zračenjem, 12. Razmena toplote zračenjem između čvrstih tela u prozračnoj sredini, 13. Zračenje gasova i para, 14. Prostiranje toplote u poroznom materijalu, 15. Molekularno prostiranje materije, 16. Konvektivno prostiranje materije, 17. Numeričke metode rešavanja problema prostiranja toplote i materije, 18. Metod konačnih razlika, 19. Metod konačnih zapremina i 20. Svojstva numeričkih metoda.

U poglavljima koja su označena brojevima od 1 do 14 autori su obradili načine prostiranja toplote. Prostiranje toplote provođenjem prikazano je u poglavljima od 1 do 3. Nakon uvođenja opštih pojmova izvedena je jednačina održanja energije u čvrstim telima ili diferencijalna jednačina provođenja toplote, koja daje opštu vezu između temperature, vremena i prostornih koordinata. Prikazana je sličnost temperaturskih polja u čvrstim telima. Autori su obradili stacionarno provođenje toplote kroz ravan, cilindričan i sferičan zid sa i bez unutrašnjih izvora (ponora) toplote, a zatim su razmatrali stacionarno provođenje toplote kroz štapove i rebra promenljivog i konstantnog poprečnog preseka. Takođe je analizirano dvodimenziono stacionarno provođenje toplote kroz ravnu poluograničenu homogenu ploču i ograničeni cilindar. Od nestacionarnih problema obrađeni su: problem hlađenja (zagrevanja) tela sa malim otporom provođenju toplote i slučajevi hlađenja (zagrevanja) neograničene ravne ploče, kugle i valjka.

U poglavljima koja su označena brojevima od 4 do 10 autori su obradili konvektivno prostiranje toplote. Poznato je da je analiza prostiranja toplote konvektivnim putem (prelaženjem) znatno kompleksnija

u odnosu na prostiranje toplote provođenjem. Nakon uvođenja opštih pojmova (koeficijent zapreminskog širenja, koeficijent viskoznosti i koeficijent provođenja toplote u fluidima) autori su prikazali jednačine održanja materije, količine kretanja i energije za slučaj laminarnog strujanja fluida. Spregnutost jednačina po brzinama i temperaturi čini nepremostivu teškoću pri analitičkom rešavanju ovih sistema jednačina, te stoga autori prikazuju osnove teorije sličnosti i dimenzione analize. Autori zatim uvode postupak osrednjavanja jednačina održanja materije, količine kretanja i energije i daju jednačine turbulentnog konvektivnog prostiranja toplote. Autori zatim u petom poglavlju prikazuju teoriju graničnog sloja. U šestom poglavlju autori prikazuju nekoliko jednostavnih primera određivanja brzinskog i temperaturskog polja za prinudnu konvekciju u laminarnoj struji unutar kanala: prostiranje toplote pri Couette-ovom strujanju, prostiranje toplote pri Hagen-Poiseuille-ovom strujanju, prostiranje toplote pri prinudnom laminarnom strujanju u cevima (Graetz-ov problem), kao i primenu apraksimativnih jednačina tipa graničnog sloja za slučaj razmene toplote pri laminarnom strujanju duž ploče i prostiranje toplote pri laminarnom strujanju u vodovima proizvoljnog poprečnog preseka. U sedmom poglavlju autori se bave prostiranjem toplote pri turbulentnom strujanju fluida. Kako osrednjene jednačine za turbulentno konvektivno prostiranje toplote sadrže suviše nepoznatih, osnovni zadatak pri modelisanju ovih jednačina je naći relacije koje povezuju turbulentno prostiranje količine kretanja, kao i turbulentni toplotni fluks sa osrednjenim strujnim parametrima. U zavisnosti od toga kakve vrste relacija se uspostavljaju između turbulentnih članova i srednjih veličina razlikuju se algebarski, diferencijalni i integralni turbulentni modeli. Autori prikazuju: modele koji ne koriste diferencijalne jednačine za turbulentne veličine, modeli koji uključuju jednu turbulentnu veličinu kao zavisno promenljivu u diferencijalnoj jednačini i modele koji uključuju dve turbulentne veličine kao zavisno promenljive u diferencijalnim jednačinama (dvojednačinski modeli turbulencije). Na kraju ovog poglavlja prikazane su: Reynolds-ova, Prandtl-ova i von Karman-ova analogija prostiranja toplote i količine kretanja u turbulentnoj struji. U osmom poglavlju autori su razmatrali prostiranje toplote pri opstrujavanju tela (spoljna konvekcija). Deveto poglavlje posvećeno je prostiranju toplote pri slobodnoj (prirodnoj) konvekciji, pri čemu je analizirana razmena toplote na vertikalnom ravnom zidu pri laminarnoj slobodnoj konvekciji, kao i razmena toplote na telima različitih oblika pri slobodnoj konvekciji u neograničenoj zapremini fluida. U desetom poglavlju autori su razmatrali razmenu toplote pri promeni agregatnog stanja fluida i to: laminarnu filmsku kondenzaciju na vertikalnoj površini, filmsku kondenzaciju pare u prisustvu inertnih gasova, prostiranje toplote pri kapljičastoj kondenzaciji, razmenu toplote pri mehurastom ključanju i razmenu toplote pri filmskom isparavanju.

Treći način prostiranja toplote obrađen je u poglavljima 11, 12 i 13. Najpre su date osnove prostiranja toplote zračenjem i osnovni zakoni zračenja. Zatim je u dvanaestom poglavlju obrađena razmena toplote zračenjem između čvrstih tela u prozračnoj sredini: između dve paralelne ploče, između dva tela koja obrazuju zatvoreni prostor sa prozračnom sredinom i između dva tela proizvoljnog položaja. U trinaestom poglavlju su prikazane osnove zračenja gasova i para.

U četrnaestom poglavlju autori su dali: definiciju i klasifikaciju poroznih tela, model poroznog tela, geometrijske i strujne karakteristike poroznih materijala, a zatim su ukazali na složenost prostiranja toplote u poroznom telu. Autori su obradili Darcy-jev zakon, kao i ne-Darcy-jeve strujne pojave: inercioni efekat, granični viskozni efekat, efekat neuniformne poroznosti i disperzioni efekat. Na kraju poglavlja autori su predstavili matematički model za prostiranje toplote u poroznoj sredini i primenili su postupak i pravila zapreminskog osrednjavanja na jednačine održanja materije, količine kretanja i energije.

Prostiranje materije obrađeno je u poglavljima 15 i 16. Najpre su date teorijske osnove prostiranja materije molekularnom difuzijom. Autori posebno razmatraju molekularnu difuziju u fluidima (tečnost i gasovi) koji miruju (pri čemu obrađuju dva karakteristična problema: stacionarnu ekvimolarnu suprotnosmernu difuziju i stacionarnu molekularnu difuziju komponente A kroz stagnant B) i provođenje materije ili molekularnu difuziju kroz čvrstu fazu. Dati su I i II Fick-ov zakon difuzije. Razmatran je, takođe, problem nestacionarne molekularne difuzije. U cilju smanjenja dimenzija difuzionih aparata, a samim tim i novčanih ulaganja teži se ka ubrzanju procesa prostiranja materije u ovim aparatima. Pri strujanju fluida se ostvaruje konvektivno prostiranje materije. Autori daju definiciju koeficijenta prelaza materije i prikazuju postupak određivanja koeficijent prelaza materije primenom jednog uprošćenog modela konvektivne difuzije koji se u literaturi naziva model filma. Pored toga, autori su prikazali postupak određivanja koeficijent prelaza materije primenom teorije sličnosti. Zatim se obrađuje međufazna razmena materije preko modela dva filma i na kraju analogija prostiranja materije, količine kretanja i energije.

Od 17 do 20 poglavlja pažnja autora usmerena je na osnove numeričkih metoda za rešavanje problema prostiranja toplote i materije. Autori uopštavaju sve jednačine održanja i daju opštu formu

jednačine održanja. Date su osnovne karakteristike diskretizacionih metoda. Autori prikazuju aproksimaciju jednačine održanja za difuzione probleme (molekularno prostiranje toplote, odnosno materije) pomoću metoda konačnih razlika. Prikazani su rezultati aproksimacije za dvodimenzioni stacionarni difuzioni problem sa izvornim članom, kao i jednodimenzioni nestacionarni difuzioni problem bez izvornog člana. Zatim autori prikazuju metod konačnih zapremina. Data su osnovna pravila diskretizacije. Razmatrana je aproksimacija svih članova opšte jednačine održanja. Prvo je razmatrana aproksimacija uz pomoć metoda konačnih zapremina diferencijalne jednačine koja upravlja stacionarnim difuzionim problemom sa izvornim članom, a potom aproksimacija diferencijalne jednačine koja upravlja nestacionarnim difuzionim problemom sa izvornim članom. Izvršena je ekstenzija postupka diskretizacije na dvodimenzione i trodimenzione probleme. Prikazane su metode za rešavanje diferentne jednačine i objašnjena je nadrelaksacija i podrelaksacija. Na kraju je metod konačnih zapremina primenjen na konvektivno-difuzioni problem i to na najjednostavniji stacionarni jednodimenzioni konvektivno-difuzioni problem bez izvornog člana, za slučaj kad je poznato strujno polje. Na kraju rukopisa u dvadesetom poglavlju autori su razmatrali osnovna svojstva numeričkih metoda.

Za poslednjih pola veka fenomeni prostiranja toplote i materije zauzeli su fundamentalno mesto u termotehnici, termoenergetici i procesnoj tehnici, tako da se razvoj aparata i uređaja u ovim oblastima ljudske delatnosti ne može zamisliti bez poznavanja suštine prostiranja toplote i materije. Autori su u ovom rukopisu upravo prikazali teorijske osnove prostiranja toplote i materije, kao i osnove numeričkih metoda za rešavanja problema prostiranja toplote i materije.

Izložena materija pre svega je namenjena studentima energetike i procesne tehnike, ali i svima onima koji se bave problematikom prostiranja toplote i materije, kao i rešavanjem problema prostiranja toplote i materije numeričkim metodama.

ZAKLJUČAK

Rukopis, sa priloženim sadržajem predstavlja dobru osnovu ne samo za studente koji izučavaju materiju iz oblasti prostiranja toplote i materije na Mašinskom fakultetu u Nišu i kojima je ovaj rukopis prvenstveno namenjen, već i za studente drugih fakulteta na kojima se ova materija izučava, kao i za sve one koji se bave ovom problematikom u inženjerskoj praksi.

S obzirom na napred navedeno slobodan sam da sa posebnim zadovoljstvom preporučim da se rukopis pod nazivom

”TERMODINAMIKA II - osnove prostiranja toplote i materije“

čiji su autori:

dr Gradimir Ilić, redovni profesor Mašinskog fakulteta Univerziteta u Nišu,

dr Mića Vukić vanredni profesor Mašinskog fakulteta Univerziteta u Nišu,

dr Nenad Radojković, redovni profesor Mašinskog fakulteta Univerziteta u Nišu u penziji,

dr Predrag Živković, docent Mašinskog fakulteta Univerziteta u Nišu,

mr Ivan Stojanović, Zavod za izradu novčanica i kovanog novca Beograd.,

kategorije kao **univerzitetski udžbenik** i kao takav štampa sa ubeđenjem da će naići na šire interesovanje stručne i naučne javnosti iz oblasti energetike i procesne tehnike.

U Beogradu,
30.06.2014.

Recenzent



dr Žarko Stevanović, naučni savetnik