

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU  
FILOZOFSKOG FAKULTETA  
UNIVERZITETA U BEOGRADU

Odlukom Naučno-nastavnog veća Filozofskog fakulteta Univerziteta u Beogradu od 25.12.2020. godine, izabrani smo u komisiju za ocenu i odbranu doktorske disertacije “Filozofski aspekti problema Maksvelovog demona” kandidatkinje Jelene Dimitrijević. Na osnovu uvida u rad kandidata podnosimo sledeći izveštaj:

IZVEŠTAJ O ZAVRŠENOJ DOKTORSKOJ DISERTACIJI  
‘FILOZOFSKI ASPEKTI PROBLEMA MAKSVELOVOG DEMONA  
KANDIDATKINJE JELENE DIMITRIJEVIĆ’

**1. Osnovni podaci o kandidatkinji i disertaciji**

Jelena Dimitrijević je rođena 1990. godine u Splitu, u Hrvatskoj. Osnovne studije filozofije je započela 2009. a završila 2013. godine na Filozofskom fakultetu Univerziteta u Beogradu sa prosečnom ocenom 9.12 na temu „Determinizam u opštoj i specijalnoj teoriji relativnosti”. Na istoj katedri je 2014. godine završila master studije sa prosečnom ocenom 10, odbranivši master rad na temu „Kompjuterske simulacije, teorijski modeli i naučni eksperiment.“ Bila je stipendistkinja Fonda za mlade talente Ministarstva omladine i sporta Republike Srbije. Doktorske studije je upisala 2015. godine.

Od 2014 radila je kao saradnik časopisa za umetnost i kulturu „Zvezdani kolodvor,“ od 2016 kao zamenik urednika. Od 2016 je saradnik Centra za bioetičke studije. Takođe je član UNESCO grupe za bioetiku. Autor je nekoliko naučnih radova. Učestvovala je i izlagala na konferenciji “Genome Editing: Bioethical and Medical Perspectives” održanoj u Beogradu 2017 godine. Korednik je zbirke o bioetici i prevodilac brojnih radova kao i jedne knjige sa engleskog na srpski jezik.

Kandidatkinja je uspešno položila sve ispite na doktorskim studijama i odbranila predlog teme doktorske disertacije. Od ove godine radi na Filozofskom fakultetu u zvanju istraživač saradnik.

Pored toga, kandidatkinja se bavi pisanjem poezije. Njena poezija je bila objavljivana u grupnim zbirka. Korednik je zbirke pesama posvećene Šarlu Bodleru.

Doktorska disertacija kandidatkinje Jelene Dimitrijević ima 266 strana i sastoji se iz devet poglavlja. Sva poglavlja podeljena su na odgovarajuće odeljke i pododeljke. Osnovni tekst disertacije ima, prema tome, sledeću strukturu: 1. Uvod (str.11-14), 2. Privrženost demonu (str. 14-29), 3. Maksvelov demon (str. 30-71), 4. Maksvelov demon i Laplasov demon (str.72-83), 5. Maksvelov demon, entropija i strele vremena (str. 84-95), 6. Maksvelov demon, entropija i informacija (str.96-121), 7. Maksvelov demon, entropija i kompleksnost živih sistema (str.122-133), 8. Maksvelov demon i kvantna mehanika (str.134-138), 9. Zaključak (str.139-140). Spisak korišćene literature nalazi se na str. 141-150.

## **2. Predmet i cilj disertacije**

Predmet istraživanja u doktorskoj disertaciji Jelene Dimitrijević je Maksvelov misaoni eksperiment sa demonom. U ovom misaonom eksperimentu, verovatno najznačajniji fizičar 19. veka, Džejms Klerk Maksvel, pretpostavlja postojanje nekakvog bića ili sprave, “demona” (po uzoru na ranijeg Laplasovog demona) koji je sposoban da stvori razliku u temperaturi u gasu, bez utrošenog rada. Cilj ovog misaonog eksperimenta je da preispita domen važenja drugog zakona termodinamike. U misaonom eksperimentu demon kontroliše na koju stranu kontejnera (podeljenog na dva odeljka) sa gasom prolaze brzi, a na koju spori molekuli. Kao rezultat takvog delovanja, temperatura u jednom odeljku postaje niža, a u drugom viša, odnosno entropija se smanjuje, što je naizgled u suprotnosti sa drugim zakonom termodinamike.

Kasnijom analizom Maksvel dolazi do zaključka da smanjenje entropije koje se ovde javlja (ako se uopšte javlja), striktno govoreći, nije u suprotnosti sa drugim zakonom termodinamike, te da je paradoks samo prividan. Već u pokušaju da se problem Maksvelovog demona adekvatno

formulišemo, suočava se sa pojmovima i entitetima kao što su entropija i informacija oko čijeg značenja, kao i istorijske i praktične upotrebe, ne postoji konsenzus.

Cilj istraživanja doktorantkinje Jelene Dimitrijević je odgovor na pitanje da li nam informacije o nekom sistemu mogu pomoći da smanjimo entropiju unutar tog sistema, a da to ne izazove povećanje entropije u nekom drugom sistemu. Ukoliko je to nemoguće, da li je to nužna posledica fizičkih zakona koji vladaju u našem univerzumu ili samo našeg ograničenog teorijskog uvida i praktične neinventivnosti? Šta nam ovo govori o vezi informacija i entropije?

### **3. Osnovne hipoteze**

Jelena Dimitrijević analizira Maksvelov misaoni eksperiment sa nekoliko različitih tački gledišta. Najpre analizira odnos Maksvelovog demona i pojma kauzalnosti na jednoj strani, kao i pojma indeterminizma, na drugoj. Nakon toga analizira problem Maksvelovog demona sa tačke gledišta filozofije vremena, termodinamike, informatike, biologije i kvantne mehanike. Centralni deo teze je analiza odnosa entropije i informacije u okviru koje će kandidatkinja zaključiti da informacija i entropija nisu i ne mogu biti isto, kao i da egzorcizam koji se oslanja na izjednačavanje ova dva pojma ne može biti validan. Doneće još neke zaključke koji se tiču raznih aspekata problema Maksvelovog demona. Istražiće ove različite aspekte kroz odeljke koji se mogu čitati nezavisno, ali koji takođe zajedno čine širu sliku ukazujući nam heurističku vrednost koju ovaj Maksvelov misaoni eksperiment donosi kako na polju filozofije fizike, tako i na polju biologije, kvantne fizike, istorije nauke, kosmologije i tako dalje. Kandidatkinja će zaključiti da umesto da prognamo demona, mi možemo nastaviti Maksvelov projekat analiziranja validnosti drugog zakona termodinamike, koristeći ga mnogo šire, kao i u mnogim drugim poljima nauke kako bismo došli do novih zaključaka i obratili pažnju na neke nove, ranije neopažene, aspekte starog fenomena.

#### 4. Kratak opis sadržaja disertacije

U prvom poglavlju, pod nazivom *Uvod* objašnjava se struktura doktorske disertacije kao i osnovne teze koje će se braniti u njoj.

U drugom poglavlju kandidatkinja je ukratko objasnila pojmove koji su ključni za dalju argumentaciju. Kako bismo razumeli uticaj Maksvelovog misaonog eksperimenta izložena je uloga misaonih eksperimenata u nauci. Pojam misaonog eksperimenta objašnjava se kroz odnos sa pojmom naučnog modele. Tačnije, misaoni eksperimente kandidatkinja karakteriše kao konecptualne modele.

U trećem poglavlju detaljno je objašnjen misaoni eksperiment Maksvelovog demona. Razmatrani su neki od pokušaja da se konstruiše mašina koja bi se ponašala na isti način kao Maksvelov demon. Nakon toga se prelazi na Landauerov princip i diskutuje se o nekoliko linija kritike i odbrane ovog principa. Landauerov princip je korišćen kao oruđe u svrhu “isterivanja” Maksvelovog demona i ovde se pokazuje zbog čega je ono neadekvatno. Nakon toga se objašnjava pojam entropije. Razdvaja se nekoliko različitih vrsta entropije. Pored toga, objašnjava se i nekoliko različitih vrsta drugog zakona termodinamike. Kandidatkinja se zalaže za tezu da barem deo problema potiče iz konfuzije nastale prilikom nerazlikovanja drugačijih vrsta entropije i drugog zakona termodinamike.

U četvrtom odeljku kandidatkinja ispituje ulogu Maksvelovog demonu u našem razumevanju kauzalnosti i indeterminizma. U tu svrhu, najpre se upoređuju Laplasov i Maksvelov demon. Prvi korak u ovoj analizi čini razdvajanje više različitih vrsta determinizma. Pored toga objašnjava se odnos kauzalnosti i entropije. Na samom kraju, kandidatkinja objašnjava pojam entropičke strele i njen odnos prema kauzalnosti.

U petom odeljku kandidatkinja je analizirala odnos između entropije i strele vremena. Najpre je objasnila zbog čega su naučnici težili izjednačavanju strele vremena sa strelom entropije, drugim rečima, objasnila je značaj istorijske osnove ovog projekta. Ključni aspekt za razumevanje ovog odnosa jeste asimetrična priroda vremena. Ovo je sledeći aspekt koji je kandidatkinja analizirala. Pored toga napravila je razliku između različitih vrsta strela vremena, lokalne i kosmičke. Nakon

toga je analizirala pokušaje objašnjenja asimetrije između prošlosti i budućnosti koji nisu direktno vezani za entropiju.

Šesto poglavlje se bavi analizom odnosa entropije i informacije u okviru Maksvelovog misaonog eksperimenta. Ovo je centralni deo teze zbog toga što svođenje entropije na nedostatak ili gubitak informacija predstavljao deo većine egzorcističkih strategija, koje kandidatkinja kritikuje. Najpre je predstavila različite pojmove informacije (Šenonova, kvantna, aktivna, pasivna, neaktivna). Nakon toga je analizirala odnos entropije i informacije. U tu svrhu, vratila se na analizu Silardove mašine i Landauerovog principa zbog toga što upravo ovo predstavlja izvor inspiracije raznih pokušaja egzorcizma demona putem svođenja entropije na gubitak ili nedostatak informacija. Kandidatkinja je takođe analizirala slučaj inteligentnog demona. Na kraju poglavlja ponudila je rešenje Silardove zagonetke i završila analizu zaključkom da informacija i entropija ne mogu biti isto i da bilo koji egzorcizam koji se oslanja na tu jednakost mora biti neadekvatan.

U sedmom poglavlju kandidatkinja je analizirala odnos Maksvelovog demona i entropije sa jedne strane i kompleksnost živih sistema i evolucije sa druge strane. Najpre je analizirala pojam živih sistema i evolucije. Nakon toga ga je uporedila sa pojmom Maksvelovog demona. Analizirala je i evolutivnu dinamiku i brojne mehanizme poput imitacije i učenja. Kandidatkinja je zaključila da je Darwinova teorija selekcije po strukturi poput Maksvelovog misaonog eksperimenta sa demonom.

U osmom poglavlju Jelena Dimitrijević je ukratko diskutovala neka rešenja problema Maksvelovog demona iz domena kvantne mehanike.

## **5. Ostvareni naučni rezultati i naučni doprinos disertacije**

Problemi kojima se Jelena Dimitrijević bavi u predloženoj doktorskoj disertaciji, predstavljaju aktuelne i centralne probleme u filozofiji fizike. Prednosti i mane različitih shvatanja informacije i entropije, od kojih kandidatkinja Jelena Dimitrijević polazi, omogućuje da se pruže nova tumačenja ne samo procesa redukcije makroskopskih fenomenoloških teorija na mikroskopske „fundamentalne“ teorije, već i veoma aktuelnih problema porekla posmatrane kompleksnosti, strele vremena, nelinearne dinamike, te dinamičke evolucije sistema na „rubu haosa“, u koje

spada najveći broj bioloških sistema. Ova perspektiva takođe nudi mogućnost boljeg razumevanja same prirode znanja u kontekstu tačnih vs. „efektivno važećih“ modela fizičke realnosti.

Najvažniji zaključci teze su:

1. Maksvelov demon ukazuje na to da ne možemo identifikovati entropiju sa strelom vremena budući da je priroda entropije statistička.
2. Iako informacije i entropija dele istu matematičku formu, nisu iste, budući da referiraju na različite fizičke pojmove.
3. Nema potrebe za isterivanjem demona budući da je on predmet ‘oslabljenih’ zakona termodinamike.
4. Barem deo problema Maksvelovog demona se javlja usled mešanja različitih vrsta entropije.

## **6. Zaključak**

Teza je napisana jasno i precizno i dobro je dokumentovana. Figure i sheme koje je prate su jasne. Hipoteze i argumenti su dobro formulisani sa zaključkom koji se temelji na dostupnoj i aktuelnoj literaturi. Imajući u vidu kvalitet analizirane doktorske disertacije, komisija je stanovišta da je doktorska disertacija kandidatkinje Jelene Dimitrijević pod naslovom “Filozofski aspekti problema Maksvelovog demona” originalno i samostalno naučno delo, i da je u potpunoj saglasnosti sa odobrenim predlogom teme. Imajući ovo u vidu, komisija predlaže da se prihvati pozitivna ocena ove doktorske disertacije i da se doktorantu odobri javna usmena odbrana.

Beograd, 14.1.2021.

Komisija:

Dr Slobodan Perović, redovni profesor  
Odeljenje za filozofiju Filozofskog fakulteta u Beogradu

Dr Miloš Adžić, docent  
Odeljenje za filozofiju Filozofskog fakulteta u Beogradu

Dr Biljana Radovanović, docent  
Departman za filozofiju Filozofskog fakulteta u Nišu