

ОБРАЗАЦ 3

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ**

и

**ВЕЋУ ЗА ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКЕ НАУКЕ
УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ**

На седници Већа за природно-математичке науке Универзитета у Крагујевцу одржаној 8.7.2026. године (број одлуке: IV-01-414/9) одређени смо за чланове Комисије за писање Извештаја о оцени научне заснованости теме докторске дисертације под насловом: „Моделовање дифузионог и мембранског транспорта у биолошким ћелијама под утицајем спољашњег магнетног поља“, и испуњености услова кандидата Реље Драгнића, студента Докторских академских студија физике и предложеног ментора Владимира Марковића, ванредног професора Природно-математичког факултета у Крагујевцу за израду докторске дисертације.

На основу података којима располажемо достављамо следећи:

ИЗВЕШТАЈ

**О ОЦЕНИ НАУЧНЕ ЗАСНОВАНОСТИ ТЕМЕ И ИСПУЊЕНОСТИ УСЛОВА
КАНДИДАТА И ПРЕДЛОЖЕНОГ МЕНТОРА
ЗА ИЗРАДУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

1. Подаци о теми докторске дисертације
1.1. Наслов докторске дисертације: Моделовање дифузионог и мембранског транспорта у биолошким ћелијама под утицајем спољашњег магнетног поља
1.2. Научна област докторске дисертације: физичке науке
1.3. Образложење теме докторске дисертације (до 15000 карактера): 1.3.1. Дефинисање и опис предмета истраживања Предмет предложеног истраживања је теоријско и нумеричко моделовање дифузионог, реакционо-дифузионог и мембранског транспорта молекула и честица у биолошким ћелијама под утицајем спољашњег магнетног поља. Истраживање је усмерено на развој физички заснованих модела који обједињују дифузију, реакциону кинетику, мембранску пропустљивост и магнетски индуковане транспортне ефекте. Посебно ће бити разматрана два биофизички значајна система. Први обухвата транспорт кисеоника, дезоксихемоглобина и оксидхемоглобина у еритроцитима. У овом делу биће испитан утицај високе концентрације хемоглобина, макромолекулског загушења, концентрационо зависног коефицијента дифузије и реверзибилног везивања кисеоника

за хемоглобин. Анализираће се и утицај различитих магнетних својстава кисеоника, дезоксихемоглобина и оксихемоглобина на њихову просторну и временску расподелу у ћелији.

Други систем односи се на магнетски усмерен транспорт лекова или магнетски осетљивих носача лекова кроз мембрану туморске ћелије. Испитиваће се повезаност ванћелијске дифузије и магнетофоретског дрефта са акумулацијом носача у близини мембране, трансмембранским флуksom и унутарћелијским уносом лека. Посебна пажња биће посвећена разликовању непосредног утицаја магнетног поља на транспорт честица од евентуалне промене својстава саме ћелијске мембране.

Истраживањем ће се повезати биофизика, медицинска физика, теорија транспорта и нумеричка анализа парцијалних диференцијалних једначина, са циљем да се утврде услови у којима су магнетски ефекти занемарљиви, као и услови у којима могу довести до мерљиве прерасподеле концентрација или појачаног транспорта кроз ћелијску мембрану.

1.3.2. Полазне хипотезе

Истраживање се заснива на хипотези да се дифузиони, реакционо-дифузиони и мембрански транспорт у биолошким ћелијама изложеним магнетном пољу могу описати јединственим моделским оквиром заснованим на законима одржања масе, једначинама континуитета, мембранским граничним условима и магнетски индукованим члановима у транспортном флуксу.

Полази се од претпоставке да је класична дифузија доминантан механизам транспорта кисеоника и хемоглобина у еритроцитима, али да концентрациона зависност коефицијента дифузије хемоглобина може утицати на просторну и временску расподелу дезоксихемоглобина и оксихемоглобина. Претпоставља се и да реакциона кинетика реверзибилног везивања кисеоника за хемоглобин има значајну улогу у одређивању брзине успостављања равнотежне расподеле ових врста.

Следећа хипотеза је да статичка магнетна поља умерених јачина имају занемарљив утицај на унутарћелијски транспорт, док јака поља и велики просторни градијенти магнетног поља могу изазвати мерљиву прерасподелу магнетски осетљивих молекулских врста. Очекује се да градијент магнетног поља уводи усмерену компоненту транспорта, односно магнетофоретски дрефт, чији значај зависи од односа магнетског и дифузионог транспорта.

Код магнетски усмерене доставе лекова полази се од хипотезе да магнетно поље првенствено повећава акумулацију магнетски осетљивих носача лека у близини ћелијске мембране и тиме посредно појачава трансмембрански флуks и унутарћелијски унос, без непосредне промене пропустљивости саме мембране.

1.3.3. План рада

Истраживање ће бити реализовано кроз више међусобно повезаних фаза. У почетној фази биће извршена анализа релевантне научне литературе из области дифузионог и реакционо-дифузионог транспорта у биолошким системима, транспорта кисеоника у еритроцитима, концентрационо зависне дифузије хемоглобина, магнетних својстава биолошки значајних молекула и магнетски усмерене доставе лекова.

У другој фази биће формулисан математички модел транспорта кисеоника, дезоксихемоглобина и оксихемоглобина у еритроциту, са одговарајућим почетним и граничним условима и кинетиком реверзибилног везивања кисеоника за хемоглобин. Након тога ће у модел бити уведена концентрационо зависна дифузија хемоглобина ради испитивања утицаја макромолекулског загушења на транспорт.

У наредној фази биће анализиран утицај статичких и просторно променљивих магнетних поља на транспорт и прерасподелу кисеоника и хемоглобинских врста.

Посебно ће бити испитани услови у којима магнетски индукована компонента флукса постаје упоредива са дифузионом компонентом.

Затим ће бити развијен модел магнетски усмереног транспорта лекова или њихових носача кроз мембрану туморске ћелије. Модел ће обухватити ванћелијску дифузију, магнетофоретски дрефт, транспорт кроз полупропустљиву мембрану и унутарћелијску акумулацију.

У завршној фази биће спроведена нумеричка анализа различитих моделских режима, испитана осетљивост резултата на вредности релевантних параметара и извршено поређење резултата са доступним теоријским и експерименталним подацима. На основу добијених резултата биће формулисани закључци о физичком значају магнетских ефеката у разматраним биолошким системима.

1.3.4. Методе истраживања

У истраживању ће бити примењене теоријске, математичке и нумеричке методе. Полазну основу представљаће закони одржања масе и једначине континуитета, на основу којих ће бити формулисани модели транспорта посматраних молекулских врста и честица унутар и изван биолошких ћелија.

Дифузиони транспорт биће описан Фиковим законом. Поред модела са константним коефицијентима дифузије, биће примењен и нелинеарни модел у коме коефицијент дифузије хемоглобина зависи од његове концентрације. Реверзибилно везивање кисеоника за хемоглобин биће описано одговарајућим реакционим члановима и кинетичким константама. Утицај спољашњег магнетног поља биће укључен преко магнетски индукованих чланова у транспортном флуксу, док ће се дејство просторног градијента магнетног поља описати усмереном компонентом транспорта, односно магнетофоретским дрефтом.

Транспорт кроз ћелијску мембрану биће моделован граничним условима који повезују концентрације и флукове са обе стране полупропустљиве мемbrane. За разматране системе биће дефинисани физички оправдани почетни и гранични услови, засновани на доступним експерименталним и литературним подацима.

Системи парцијалних диференцијалних једначина решаваће се методом коначних запремина у сферној симетрији, уз имплицитну временску дискретизацију. Овај приступ омогућава доследно очување масе и стабилно решавање повезаних дифузионих и реакционих процеса. Нумерички поступак биће проверен анализом конвергенције у односу на просторни и временски корак, контролом биланса масе и поређењем са аналитичким или литературним резултатима у граничним случајевима.

Резултати ће бити анализирани посредством концентрационих профила, трансмембранских флукова, укупне унутарћелијске количине супстанце и параметара просторне прерасподеле. Биће спроведене параметарска анализа и анализа осетљивости, као и анализа бездимензионих величина, посебно магнетног Хеклеовог броја, ради утврђивања односа дифузионог и магнетски усмереног транспорта.

1.3.5. Циљ истраживања

Основни циљ истраживања је развој и примена физички доследних теоријских и нумеричких модела за опис дифузионог, реакционо-дифузионог и мембранског транспорта у биолошким ћелијама изложеним спољашњем магнетном пољу.

Један од посебних циљева је моделовање транспорта кисеоника, дезокси хемоглобина и оксигемоглобина у еритроцитима, уз истовремено разматрање концентрационо зависне дифузије хемоглобина, реверзибилног везивања кисеоника и различитих магнетних својстава посматраних молекулских врста. На тај начин треба утврдити релативни значај дифузије, реакционе кинетике и магнетски индукованог транспорта за њихову просторну и временску расподелу.

Други посебан циљ је одређивање услова при којима статичка и високоградијентна магнетна поља могу довести до мерљиве унутарћелијске прерасподеле хемоглобинских врста. Ово подразумева утврђивање граничних вредности релевантних параметара при којима магнетски ефекти престају да буду занемарљиви у односу на класичну дифузију. Даљи циљ је развој модела магнетски усмереног транспорта лекова или њихових носача кроз мембрану туморске ћелије и процена утицаја магнетофоретског дрефта на акумулацију носача у близини мембране, трансмембрански флукс и унутарћелијски унос.

Шири циљ истраживања је успостављање обједињеног моделског оквира који омогућава раздвајање и квантитативно поређење доприноса дифузије, реакционе кинетике, мембранске пропустљивости и магнетски индукованог транспорта у различитим биофизичким системима.

1.3.6. Резултати који се очекују

Очекује се развој физички заснованог и нумерички провереног моделског оквира за опис дифузионог, реакционо-дифузионог и мембранског транспорта у биолошким ћелијама под утицајем спољашњег магнетног поља.

За модел еритроцита очекује се да резултати омогуће квантитативно раздвајање доприноса дифузије кисеоника и хемоглобина, реакционе кинетике везивања кисеоника и магнетски индукованог транспорта. Очекује се да ће бити утврђено у којој мери концентрациона зависност коефицијента дифузије хемоглобина утиче на просторну и временску расподелу дезоксихемоглобина и оксихемоглобина.

Претпоставља се да ће резултати потврдити да статичка магнетна поља умерених јачина имају занемарљив утицај на унутарћелијски транспорт, док јака поља и велики просторни градијенти могу довести до мерљиве, али масено конзервативне, прерасподеле магнетски осетљивих молекулских врста. Очекује се одређивање вредности параметара при којима магнетски индуковани транспорт постаје упоредив са дифузионим транспортом.

У моделу туморске ћелије очекује се да магнетофоретски дрефт повећа акумулацију магнетски осетљивих носача лека у близини мембране, што може довести до повећања трансмембранског флукса и унутарћелијског уноса, без потребе да се претпостави непосредна промена пропустљивости мембране.

Анализа бездимензионих параметара, посебно магнетног Пеклеовог броја, треба да омогући класификацију дифузионо доминираних режима и режима у којима магнетски усмерен транспорт има значајну улогу. Као коначни резултат очекује се формулисање критеријума за процену услова у којима се магнетски ефекти могу занемарити, односно морају укључити у моделе транспорта у биолошким ћелијама.

1.3.7. Оквирни садржај докторске дисертације са предлогом литературе која ће се користити (до 10 најважнијих извора литературе)

Докторска дисертација биће организована у девет поглавља. У првом поглављу биће представљени предмет, значај, циљеви и полазне хипотезе истраживања. Друго поглавље обухватиће теоријске основе дифузионог, реакционо-дифузионог и мембранског транспорта у биолошким системима. У трећем поглављу биће изложени математички модели и нумеричке методе, укључујући једначине транспорта, почетне и граничне услове, метод коначних запремина и поступке провере нумеричких решења. Четврто поглавље биће посвећено моделовању транспорта кисеоника, дезоксихемоглобина и оксихемоглобина у еритроцитима. У петом поглављу биће приказани и анализирани резултати који се односе на концентрационо зависну дифузију хемоглобина и утицај статичких и високоградијентних магнетних поља. Шесто поглавље обухватиће модел магнетски усмереног транспорта лекова или њихових

носача кроз мембрану туморске ћелије. У седмом поглављу биће приказани резултати за ванћелијску акумулацију, трансмембрански флуке, унутарћелијски унос и утицај магнетног Пеклеовог броја. Осмо поглавље садржаће упоредну дискусију добијених резултата, ограничења развијених модела и могућности њихове даље примене. У деветом поглављу биће изложени закључци, научни доприноси дисертације и правци будућих истраживања.

Предлог литературе:

1. Crank, J. *The Mathematics of Diffusion*, 2nd ed., Clarendon Press, Oxford, 1975.
2. Murray, J. D. *Mathematical Biology I: An Introduction*, 3rd ed., Springer, New York, 2002.
3. Morton, K. W., Mayers, D. F. *Numerical Solution of Partial Differential Equations: An Introduction*, 2nd ed., Cambridge University Press, 2005.
4. Coin, J. T., Olson, J. S. "The rate of oxygen uptake by human red blood cells," *Journal of Biological Chemistry*, 254(4), 1178–1190, 1979.
5. Popel, A. S. "Theory of oxygen transport to tissue," *Critical Reviews in Biomedical Engineering*, 17(3), 257–321, 1989.
6. Longeville, S., Stingaciu, L. R. "Hemoglobin diffusion and the dynamics of oxygen capture by red blood cells," *Scientific Reports*, 7, 10448, 2017.
7. Waskaas, M. "Short-term effects of magnetic fields on diffusion in stirred and unstirred paramagnetic solutions," *The Journal of Physical Chemistry*, 97(24), 6470–6476, 1993.
8. Zablotskii, V., Polyakova, T., Lunov, O., Dejneka, A. "How a high-gradient magnetic field could affect cell life," *Scientific Reports*, 6, 37407, 2016.
9. Pankhurst, Q. A., Connolly, J., Jones, S. K., Dobson, J. "Applications of magnetic nanoparticles in biomedicine," *Journal of Physics D: Applied Physics*, 36(13), R167–R181, 2003.
10. Laurent, S. et al. "Magnetic iron oxide nanoparticles: synthesis, stabilization, vectorization, physicochemical characterizations, and biological applications," *Chemical Reviews*, 108(6), 2064–2110, 2008.

1.4. Веза са досадашњим истраживањем у овој области уз обавезно навођење до 10 релевантних референци:

Истраживања дифузионог, реакционо-дифузионог и мембранског транспорта у биолошким системима заснивају се на Фиковим законима, једначинама континуитета и законима одржања масе. Класични модели дифузије представљају основу за опис временске и просторне промене концентрације, али се при моделовању сложених ћелијских система морају проширити увођењем реакционе кинетике, концентрационо зависних коефицијената дифузије и граничних услова на ћелијским мембранама [1].

Посебно значајну област представља транспорт кисеоника у еритроцитима. Досадашња истраживања показала су да брзина уноса кисеоника није одређена само његовом дифузијом, већ и кинетиком реверзибилног везивања за хемоглобин и просторном расподелом хемоглобинских врста [2,3]. Експериментално је показано да због високе концентрације хемоглобина и макромолекулског загушења цитоплазме његов коефицијент дифузије зависи од концентрације, што треба узети у обзир при развоју реалистичних модела транспорта кисеоника [4].

Паралелно са развојем модела биолошке дифузије, испитиван је утицај магнетних поља на транспорт парамагнетних и дијамагнетних молекулских врста. Магнетни ефекти нарочито могу доћи до изражаја у системима у којима постоје велики просторни градијенти магнетног поља [5,6]. Ово је значајно за еритроците јер молекулски кисеоник, дезоксихемоглобин и оксихемоглобин имају различита магнетна својства. Међутим, у већини досадашњих модела транспорта кисеоника магнетски индуковани транспорт није разматран истовремено са концентрационо зависном дифузијом и реакционом кинетиком.

Други релевантан правац истраживања односи се на примену магнетних наночестица као носача лекова. Могућност усмеравања ових честица спољашњим магнетним пољем и његовим градијентом представља основу магнетски усмерене доставе лекова [7,8]. Досадашња истраживања углавном су била усмерена на транспорт у крвним судовима, ткивима и макроскопску акумулацију лека. Транспорт на нивоу појединачне ћелије, а нарочито повезаност ванћелијске акумулације носача са трансмембранским флуksom и унутарћелијским уносом, знатно је мање истражен.

Предложена дисертација непосредно се надовезује на досадашња истраживања кандидата и предложеног ментора. У њиховом заједничком раду развијен је теоријски и нумерички модел транспорта кисеоника и хемоглобина у еритроцити, са посебним освртом на концентрационо зависну дифузију и утицај магнетног поља [9]. У другом раду развијен је модел магнетски усмереног транспорта лекова кроз мембрану туморске ћелије у условима градијента магнетног поља [10]. Ови резултати представљају непосредну научну основу за даље и систематичније истраживање у оквиру докторске дисертације.

Предложеним истраживањем постојећи резултати биће обједињени у јединствен моделски оквир који повезује концентрационо зависну дифузију, реакциону кинетику, мембранску пропустљивост и магнетски индуковани дрефт. Посебан допринос очекује се у квантитативном одређивању услова при којима су магнетски ефекти занемарљиви, као и услова при којима могу довести до мерљиве унутарћелијске прерасподеле или појачаног транспорта кроз ћелијску мембрану.

Релевантне референце:

1. Crank, J. *The Mathematics of Diffusion*, 2nd ed., Clarendon Press, Oxford, 1975.
2. Coin, J. T., Olson, J. S. "The rate of oxygen uptake by human red blood cells," *Journal of Biological Chemistry*, 254(4), 1178–1190, 1979.
3. Popel, A. S. "Theory of oxygen transport to tissue," *Critical Reviews in Biomedical Engineering*, 17(3), 257–321, 1989.
4. Longeville, S., Stingaciu, L. R. "Hemoglobin diffusion and the dynamics of oxygen capture by red blood cells," *Scientific Reports*, 7, 10448, 2017.
5. Waskaas, M. "Short-term effects of magnetic fields on diffusion in stirred and unstirred paramagnetic solutions," *The Journal of Physical Chemistry*, 97(24), 6470–6476, 1993.
6. Zablotskii, V., Polyakova, T., Lunov, O., Dejneka, A. "How a high-gradient magnetic field could affect cell life," *Scientific Reports*, 6, 37407, 2016.
7. Pankhurst, Q. A., Connolly, J., Jones, S. K., Dobson, J. "Applications of magnetic nanoparticles in biomedicine," *Journal of Physics D: Applied Physics*, 36(13), R167–R181, 2003.
8. Laurent, S. et al. "Magnetic iron oxide nanoparticles: synthesis, stabilization, vectorization, physicochemical characterizations, and biological applications," *Chemical Reviews*, 108(6), 2064–2110, 2008.
9. Dragnić, R., Kovačević, I., Kovačević, M. S., Marković, V. M. "An Estimation Magnetic Field Influence on Hemoglobin and Oxygen Concentration-dependent Diffusion in Red Blood Cells: A Theoretical and Numerical Study," *Chinese Journal of Physics*, 100, 267–288, 2026. DOI: 10.1016/j.cjph.2026.01.014.
10. Kovačević, M. S., Dragnić, R., Marković, V. M., Kovačević, I., Tosi, D. "Magnetically Targeted Drug Transport Across a Tumor Cell Membrane Under Magnetic Field Gradients," *International Journal of Molecular Sciences*, 27(11), Article 5098, 2026. DOI: 10.3390/ijms27115098.

1.5. Оцена научне заснованости теме докторске дисертације:

Предложена тема докторске дисертације припада савременој области биофизике и медицинске физике и усмерена је на теоријско и нумеричко проучавање транспортних процеса у биолошким ћелијама под утицајем спољашњег магнетног поља. Предмет истраживања је јасно дефинисан и обухвата два међусобно повезана биофизичка система: транспорт кисеоника и хемоглобинских врста у еритроцитима и магнетски усмерен транспорт лекова или њихових носача кроз мембрану туморске ћелије.

Полазне хипотезе су научно утемељене, јасно формулисане и проверљиве применом предложених математичких и нумеричких метода. Планирани приступ заснива се на законима одржања масе, једначинама континуитета, реакционо-дифузионим моделима, мембранским граничним условима и магнетски индукованим члановима у транспортном флукусу. Примена методе коначних запремина, имплицитне временске дискретизације, анализе конвергенције и контроле биланса масе представља одговарајући и поуздан методолошки оквир за решавање постављених проблема.

Научна оправданост теме огледа се у повезивању концентрационо зависне дифузије, реакционе кинетике, мембранске пропустљивости и магнетофоретског дрефта у оквиру јединственог физички доследног модела. Посебан научни допринос очекује се у квантитативном одређивању услова при којима је утицај магнетног поља занемарљив, као и услова при којима може довести до мерљиве прерасподеле молекулских врста или појачаног транспорта кроз ћелијску мембрану. Значајан резултат представљаће и формулисање бездимензионих критеријума за разликовање дифузионо доминираних режима од режима у којима магнетски усмерен транспорт постаје релевантан.

Предложено истраживање логично се надовезује на савремена истраживања у овој области, као и на већ објављене резултате кандидата и предложеног ментора. План рада је реалан, методе су примерене постављеним циљевима, а очекивани резултати могу представљати оригиналан допринос моделовању транспорта у биолошким системима.

На основу изложеног, Комисија оцењује да је тема докторске дисертације под насловом „Моделовање дифузионог и мембранског транспорта у биолошким ћелијама под утицајем спољашњег магнетног поља“ научно заснована, актуелна и подобна за израду докторске дисертације.

2. Подаци о кандидату

2.1. Име и презиме кандидата:

Реља Драгнић

2.2. Студијски програм докторских академских студија и година уписа:

Докторске академске студије физике, уписан 2016. године (број индекса 5027/2016)

2.3. Биографија кандидата (до 1500 карактера):

Реља Драгнић је основно и средње образовање завршио у Никшићу са одличним успехом. Током школовања остварио је запажене резултате на такмичењима из физике и математике на републичком и савезном нивоу и био носилац признања за изузетан успех.

Студије физике започео је на Природно-математичком факултету Универзитета Црне Горе у Подгорици, а основне студије завршио је на Универзитету у Приштини са просечном оценом 9.15. Докторске академске студије физике уписао је 2016. године на Природно-математичком факултету Универзитета у Крагујевцу.

Професионално искуство стицао је у области образовања, пројектног рада и примене физике у медицини. Од 2013. године радио је као медицински физичар на Онкологији Клиничког центра

Црне Горе, где је учествовао у пословима из области радиотерапије и медицинске физике. Похађао је више стручних обука, курсева и радионица из области радиотерапије, укључујући обуке из брахитерапије у регионалним центрима. Од 2022. године запослен је у Електропривреди Црне Горе као саветник за унапређење пословања. Служи се енглеским језиком, а говори, чита и пише руски језик.
2.4.Преглед научноистраживачког рада кандидата (до 1500 карактера): Научноистраживачки рад Реље Драгнића усмерен је на примену теоријских, нумеричких и експерименталних метода физике у медицинским и биолошким системима. Кандидат је аутор и коаутор три рада објављена у међународним научним часописима и једног рада саопштеног на међународном научном скупу. У области радијационе физике учествовао је у истраживању методологије интегрисаних мерења помоћу радонске дифузионе коморе. Најзначајнији део његовог досадашњег научног рада односи се на моделовање транспорта у биолошким ћелијама под утицајем магнетног поља. У оквиру ових истраживања разматрани су дифузија кисеоника и хемоглобинских врста у еритроцитима, концентрациона зависност коефицијента дифузије хемоглобина и могући утицај магнетног поља на њихову прераспodelу. Други правац обухвата моделовање магнетски усмереног транспорта лекова и њихових носача кроз мембрану туморске ћелије, уз анализу ванћелијске дифузије, магнетофоретског дрефта, трансмембранског флукса и унутарћелијског уноса. Објављени резултати показују да кандидат поседује искуство у математичком моделовању, нумеричком решавању транспортних једначина и физичкој интерпретацији добијених резултата. Његов досадашњи научноистраживачки рад непосредно је повезан са предметом предложене докторске дисертације и представља одговарајућу основу за њену израду.
2.5.Списак објављених научних радова кандидата из научне области из које се пријављује тема докторске дисертације (аутори, наслов рада, назив часописа, волумен, година објављивања, странице од-до, DOI број¹, категорија): 1. Ćimbaljević, Z., Dragnić, R., Radonjić, S., Marković, V. M., Stevanović, N., Krstić, D., Huang, R. "Methodology of integrated measurements with radon diffusion chamber," <i>Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment</i>, Vol. 1068, 2024, Article 169741. DOI: 10.1016/j.nima.2024.169741. Категорија: M22. 2. Dragnić, R., Kovačević, I., Kovačević, M. S., Marković, V. M. "An Estimation Magnetic Field Influence on Hemoglobin and Oxygen Concentration-dependent Diffusion in Red Blood Cells: A Theoretical and Numerical Study," <i>Chinese Journal of Physics</i>, Vol. 100, 2026, pp. 267–288. DOI: 10.1016/j.cjph.2026.01.014. Категорија: M21a. 3. Kovačević, M. S., Dragnić, R., Marković, V. M., Kovačević, I., Tosi, D. "Magnetically Targeted Drug Transport Across a Tumor Cell Membrane Under Magnetic Field Gradients," <i>International Journal of Molecular Sciences</i>, Vol. 27, No. 11, 2026, Article 5098. DOI: 10.3390/ijms27115098. Категорија: M21. 4. Kovačević, M. S., Tosi, D., Ivanović, M., Marković, V., Dragnić, R., Kuzmanović, Lj., Milojković, M. "Effect of Gradient Magnetic Fields on Molecular Diffusion Through Cell Membranes: A Theoretical and Numerical Study." In: <i>Proceedings of the 3rd International Conference on Chemo and Bioinformatics</i>, Kragujevac, Serbia, 25–26 September 2025, pp. 426–429. DOI: 10.46793/ICCBK25.424K. Категорија: M33.
2.6.Оцена испуњености услова кандидата у складу са студијским програмом, општим актом факултета и општим актом Универзитета (до 1000 карактера):

¹ Уколико публикација нема DOI број уписати ISSN и ISBN

На основу увида у приложену документацију, Комисија констатује да је Реља Драгнић студент Докторских академских студија физике на Природно-математичком факултету Универзитета у Крагујевцу и да је испунио обавезе предвиђене студијским програмом за пријаву теме докторске дисертације.

Кандидат је остварио научноистраживачке резултате у области из које се пријављује тема. Коаутор је три рада објављена у међународним научним часописима, од којих су два непосредно повезана са предметом дисертације, као и једног рада саопштеног на међународном научном скупу. Досадашњи резултати показују његову оспособљеност за математичко моделовање, нумеричку анализу и тумачење транспортних процеса у биолошким системима.

Комисија оцењује да кандидат испуњава услове прописане студијским програмом, општим актима Природно-математичког факултета и општим актима Универзитета у Крагујевцу за пријаву и израду докторске дисертације.

3. Подаци о предложеном ментору

3.1. Име и презиме предложеног ментора:

Владимир М. Марковић

3.2. Звање и датум избора:

Ванредни професор, 22. маја 2024. године.

3.3. Научна област/ужа научна област за коју је изабран у звање:

Физичке науке / радијациона физика

3.4. Институција у којој је запослен:

Природно-математички факултет Универзитета у Крагујевцу

3.5. Списак референци којима се доказује испуњеност услова за ментора у складу са Стандардом 9 (аутори, наслов рада, назив часописа, волумен, година објављивања, странице од-до, DOI број, категорија):

1. Dragnić, R., Kovačević, I., Kovačević, M. S., Marković, V. M. "An Estimation Magnetic Field Influence on Hemoglobin and Oxygen Concentration-dependent Diffusion in Red Blood Cells: A Theoretical and Numerical Study," *Chinese Journal of Physics*, Vol. 100, 2026, pp. 267–288. DOI: 10.1016/j.cjph.2026.01.014. Категорија: M21a.
2. Kovačević, M. S., Dragnić, R., Marković, V. M., Kovačević, I., Tosi, D. "Magnetically Targeted Drug Transport Across a Tumor Cell Membrane Under Magnetic Field Gradients," *International Journal of Molecular Sciences*, Vol. 27, No. 11, 2026, Article 5098. DOI: 10.3390/ijms27115098. Категорија: M21.
3. Kovačević, M. S., Marković, V. M., Tosi, D., Blanc, W., Kovačević, I., Kuzmanović, Lj. "Optical Modeling and Design of Fabry–Perot Interferometer Sensors for Detection of Human Skin Cancer Cells," *Optik*, Vol. 345, 2026, Article 172622. DOI: 10.1016/j.ijleo.2025.172622. Категорија: M21.
4. Marković, V. M., Stajić, J. M., Milenković, B., Stevanović, N. "Alpha Track Distribution on Lateral Wall of Cylindrical Radon Diffusion Chamber," *Radiation Physics and Chemistry*, Vol. 191, 2022, Article 109873. DOI: 10.1016/j.radphyschem.2021.109873. Категорија: M21a.
5. Stevanović, N., Marković, V. M., Milošević, M., Đurđević, A., Stajić, J. M., Milenković, B., Nikezić, D. "Correlations Between Track Parameters in a Solid-State Nuclear Track Detector and Its Diffraction Pattern," *Radiation Physics and Chemistry*, Vol. 193, 2022, Article 109986. DOI: 10.1016/j.radphyschem.2022.109986. Категорија: M21a.

3.6. Списак три референци којима се доказује компетентност ментора у вези са предложеном темом докторске дисертације (аутори, наслов рада, назив часописа, волумен, година објављивања, странице од-до, DOI број, категорија):

1. Dragnić, R., Kovačević, I., Kovačević, M. S., Marković, V. M. "An Estimation Magnetic Field Influence on Hemoglobin and Oxygen Concentration-dependent Diffusion in Red Blood Cells: A Theoretical and Numerical Study," *Chinese Journal of Physics*, Vol. 100, 2026, pp. 267–288. DOI: 10.1016/j.cjph.2026.01.014. Категорија: M21a.
2. Kovačević, M. S., Dragnić, R., Marković, V. M., Kovačević, I., Tosi, D. "Magnetically Targeted Drug Transport Across a Tumor Cell Membrane Under Magnetic Field Gradients," *International Journal of Molecular Sciences*, Vol. 27, No. 11, 2026, Article 5098. DOI: 10.3390/ijms27115098. Категорија: M21.
3. Marković, V. M., Stevanović, N., Nikezić, D. "Monte Carlo Investigation of Electron Specific Energy Distribution in a Single Cell Model," *Radiation and Environmental Biophysics*, Vol. 59, 2020, pp. 161–171. DOI: 10.1007/s00411-019-00815-z. Категорија: M23.

3.7. Да ли се предложени ментор налази на Листи ментора акредитованог студијског програма ДАС?

ДА

3.8. Оцена испуњености услова предложеног ментора у складу са студијским програмом, општим актом факултета и општим актом Универзитета (до 1000 карактера):

На основу увида у приложену документацију, Комисија констатује да је др Владимир М. Марковић изабран у звање ванредног професора за научну област физичке науке, ужу научну област радијациона физика, и да је запослен на Природно-математичком факултету Универзитета у Крагујевцу. Предложени ментор налази се на Листи ментора акредитованог студијског програма Докторских академских студија физике. Објављени научни радови потврђују да испуњава услове прописане Стандардом 9, док радови из области транспорта у биолошким ћелијама, медицинске физике и нумеричког моделовања непосредно доказују његову компетентност за руковођење предложеним истраживањем. Има искуство у заједничком научноистраживачком раду са кандидатом. Комисија оцењује да предложени ментор испуњава услове утврђене студијским програмом, општим актима Факултета и општим актима Универзитета у Крагујевцу за менторство при изради докторске дисертације.

4. Подаци о предложеном коментору

4.1. Име и презиме предложеног коментора:

/

4.2. Звање и датум избора:

/

4.3. Научна област/ужа научна област за коју је изабран у звање:

/

4.4. Институција у којој је запослен:

/

4.5. Списак референци којима се доказује испуњеност услова коментора у складу са Стандардом 9 (аутори, наслов рада, назив часописа, волумен, година објављивања, странице од-до, DOI број*, категорија):

/

4.6. Списак три референци којима се доказује компетентност коментора у вези са предложеном темом докторске дисертације (аутори, наслов рада, назив часописа, волумен, година објављивања, странице од-до, DOI број, категорија):

/

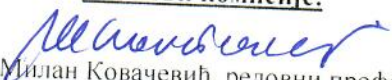
4.7. Оцена испуњености услова предложеног коментора у складу са студијским програмом, општим актом факултета и општим актом Универзитета (до 1000 карактера):

/

5. ЗАКЉУЧАК

На основу анализе приложене документације Комисија за писање извештаја о оцени научне заснованости теме и испуњености услова кандидата и предложеног ментора предлаже да се кандидату Рељи Драгнићу одобри израда докторске дисертације под насловом „Моделовање дифузионог и мембранског транспорта у биолошким ћелијама под утицајем спољашњег магнетног поља” и да се за ментора/коментора именује др Владимир М. Марковић, ванредни професор /./.

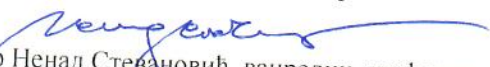
Чланови комисије:


Др Милан Ковачевић, редовни професор

Природно-математички факултет Универзитета у
Крагујевцу

физичке науке / атомска, молекулска и оптичка
физика

Председник комисије


Др Ненад Стевановић, ванредни професор

Природно-математички факултет Универзитета у
Крагујевцу

физичке науке / радијациона физика

Члан комисије


Др Бранко Дрљача, редовни професор

Природно-математички факултет Универзитета у
Приштини са привременим седиштем у
Косовској Митровици

физичке науке / теоријска физика

Члан комисије



НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКОГ ФАКУЛТЕТА
УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ
ВЕЋУ КАТЕДРЕ ИНСТИТУТА ЗА ФИЗИКУ ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКОГ
ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ

Предмет: Мишљење Шефа студије физике о Извештају о оцени научне заснованости теме и испуњености услова кандидата и предложеног ментора за израду докторске дисертације под насловом „Моделовање дифузионог и мембранског транспорта у биолошким ћелијама под утицајем спољашњег магнетног поља“ кандидата Реље Драгнића, студента докторских академских студија на Институту за физику Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу.

Поштовани,

Након увида у достављени писани материјал Извештаја, обавештавам вас да је Комисија сачинила Извештај у складу са текућим Правилником о пријави, изради и одбрани докторске дисертације на Природно-математичком факултету у Крагујевцу и Правилником о пријави, изради и одбрани докторске дисертације Универзитета у Крагујевцу, члан 19, на Обрасцу 3. У оквиру Обрасца, прва тачка, **Подаци о теми докторске дисертације**, је детаљно образложена, након чега је у другој тачки, **Подаци о кандидату**, Комисија дала биографске као и податке о научноистраживачком раду кандидата. Трећа тачка Извештаја, **Подаци о предложеном ментору**, садржи тражене податке о компетентности ментора у вези са предложеном темом докторске дисертације. У складу са претходним, дајем позитивно мишљење на форму и садржај достављеног Извештаја.



У Крагујевцу,
24.8.2026.

проф. др Момир Арсенијевић

Шеф студија физике

Природно-математички факултет
Универзитета у Крагујевцу