

Универзитет у Београду



Универзитетска библиотека  
“Светозар Марковић”



Александар Петровић  
Стела Филипи Матуиновић

# Канон и одзиви

\*

Астрономска теорија  
Милутина Миланковића  
и савремена наука



Београд, 2009.



Александар Петровић

## СУНЦЕ НА ДНУ ОКЕАНА

Кратка историја и мали практикум  
Миланковићевог астрономског канона

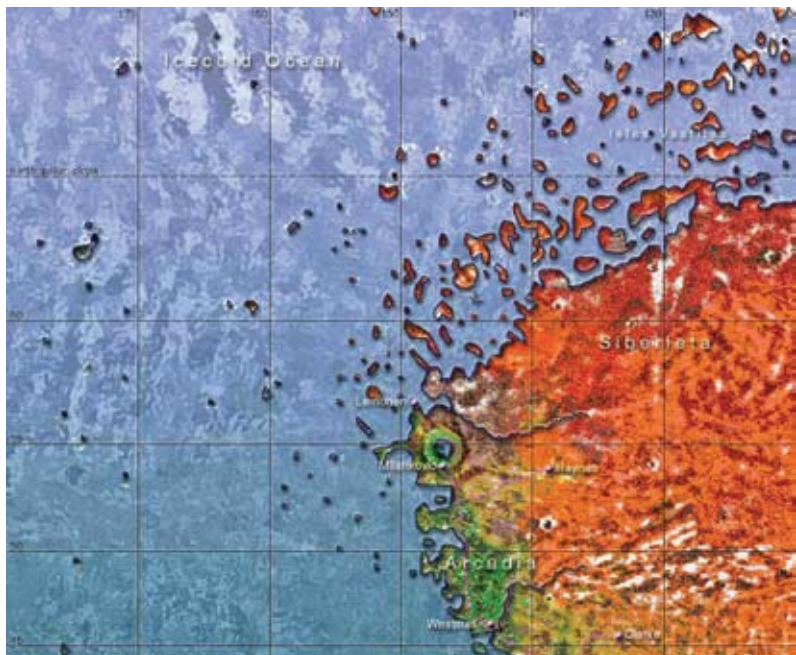
*Неки ће рећи да свет ће скончат' у огњу  
А неки пак веле у леду.  
Од оног што од чежње кушах  
Држим се оних који су уз ватру.  
Ал' мора ли он да ишчезне двапут'  
Мнијем довољно упознах мржњу  
Да кажем за разарање лед  
Јест одличан исто  
И сасвим довољан.*

(Роберт Фрост, *Ледена доба*)



Научни рад Милутина Миланковића (Даљ код Осека 1879 - Београд 1958) могао би да се подели на четири велика дела. У првом, он се бави механиком, прво као инжењер, а онда као теоријски механичар. У другом развија астрономску теорију климе све до објављивања свог главног дела, *Канона осунчавања*. У трећем, који почиње непосредно пре тога, али врхунац доживљава после тога, окреће се историји науке, напуштајући, силом историјских прилика, основна истраживања и посвећујући се излагању историјских претпоставки свог рада. У четвртном, бави се писањем универзитетских уџбеника, који сажимају његов укупан научни допринос. Наравно, ови периоди нису потпуно раздвојени, већ се преплићу и прожимају, али укупно гледано добро одсликавају развој Миланковићеве мисли.

Његов живот био је посвећен трагању за астрономским каноним осунчавања Земље. Откако су на Земљи нађени трагови великог залеђивања, најзбудљивије питање које се деценијама постављало било је хоће ли се недогледни лед опет вратити. Када је тиме почео да се бави, то питање још није имало свој коначни одговор. Земљу су пре око двадесет хиљада година зграбили ледени прсти коју су прекривали велики дело северне полулопте. А онда је пре 14.000 година ледени покривач почео да се повлачи да би пре око 10.000 година свет постао каквим га данас знамо. Каква је чудна сила стајала иза тог збивања, које као да ритмично пулсира кроз дугу историју наше планете?



Кратер Миланковић на Марсу

До данас је прошло скоро два века откако је француски математичар Жозеф Адемар схватио да су геолошки догађаји на Земљи повезани са небеском механиком. У међувремену је било много неверице у такво решење, јер је било тешко не само сложити се са моделом који је он предложио већ и с начелом да догађајима на Земљи управљају небески узроци. Људима је некако лакше да верују како се узроци земаљских догађаја налазе на самој Земљи. Миланковићева математика је наметнула астрономске узроке климатске динамике као превасходне, и он је на неки начин људе поново приморао да не мисле геоцентрично, већ хелиоцентрично и да схвате да у самој суштини многоликих збивања лежи однос планете и Сунца. Мисао је древна, али и револуционарна, јер је у његовој теорији нашла на изванредан, математички утврђен израз.

Зато се на Марсу, на обали Океана ледене хладноће, тик поред предела Аркадија, одређен координатама  $+147^\circ$ ,  $+55^\circ$ , налази кратер *Миланковић*. Тако је назван јер је Миланковић први, још 1913. године, рачунао температуре које владају на тој планети. Био је то прави научни подвиг који му је неоспорно обезбедио место у историји науке. Али он је учинио и много више, због чега га истраживачи сврставају међу десетину научника свих времена који су најзначајније унапредили науку о Земљи. Миланковић је начинио преокрет у разумевању далеке прошлости наше планете и климатских промена које се на њој непрекидно дешавају: многи научници су готово 150 година лутали од једне до друге недоумице размишљајући о узроцима промена климе на Земљи, смењивању ледених и топлих доба, да би тек Миланковић, спрежући на прави начин небеску механику и науку о Земљи, понудио чврст научни одговор. Поставио је *Канон осунчавања*, велику космичку теорију која показује да је климатски пулс Земље последица вековних астрономских циклуса који лагано и неумитно мењају осунчавање наше планете. *Канон*, данас темељ климатологије, казује да је однос Земље и Сунца пресудан за разумевање прошлости и будућности наше планете. Наша звезда намеће животне услове на Земљи која га, заједно са осталим планетама, прати не мирујући ни за трен: она се врти, обилази, примиче и одмиче, љуља... И док то чини, као велики метроном откуцава ритмове којима меримо време и историју.

Смењивање дана и ноћи је вероватно прва последица кретања наше планете коју успевамо да уочимо. Оно следи из Земљине *ротације* – за 24 сата планета направи пун круг око своје осе, излажући се током половине тог времена Сунчевим зрацима. Потом, примећујемо да постоји још један круг космичких догађаја – смена годишњих доба. Она настаје као последица *револуције*, кретања Земље око Сунца које траје годину дана: за то време Земља опише још један пун круг (тачније елипсу). Ротацију и револуцију (односно њихове последице: смену дана и ноћи и смену годишњих доба) свако може да види, али то ни издалека нису све мѐне повезане са кретањем Земље које пажљиви посматрач

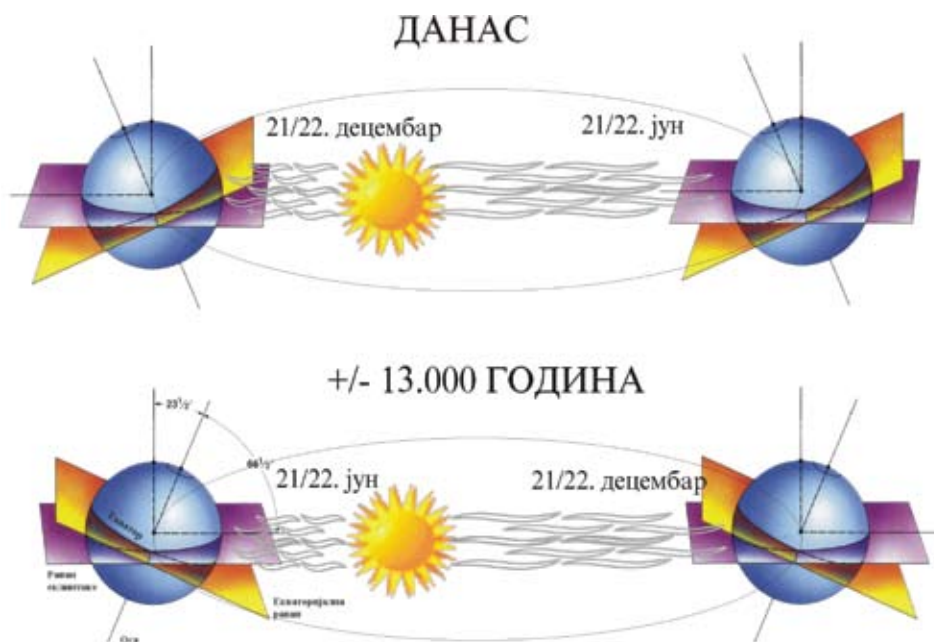
може да уочи. Има и других кретања наше планете која изазивају периодичне промене чије се последице могу приметити на Земљи. Тешкоћа је само што се она не могу намах опазити, јер трају много дуже не само од једног људског века већ и од укупног људског памћења. Да бисмо могли да видимо и те дуготрајне промене положаја Земље у односу на Сунце, које трају много миленијума, ослонићемо се на два кретања која свако може да уочи да бисмо из њиховог односа разумом схватили оно што очима не можемо да видимо.

Земљина орбита, путања по којој кружи око Сунца, лежи у равни која се зове *раван еклиптике*. Гледано са Земље, и Сунце се током године креће у тој равни. Замишљена оса око које Земља ротира није управна на раван еклиптике, већ је од нормале на њу нагнута за угао који *сада* износи  $23,5^\circ$ . Стога се ни замишљена неограничена раван у којој лежи Земљин полутар – екваторијална раван – не поклапа са равни еклиптике, већ са њом затвара исти угао од  $23,5^\circ$ . Екваторијална раван, подједнако удаљена од полова, одређена ротацијом и управна на њену осу, и раван еклиптике, одређена револуцијом, међусобно се секу. Линија њиховог пресека пресеца Земљину орбиту у две тачке: два пута током револуције (тј. два пута годишње) Сунце се, гледано са Земље, налази и у екваторијалној и у равни еклиптике, што опажамо тако што Сунчеви зраци падају на земаљски екватор под правим углом. Тада дан и ноћ на обе полулопте трају подједнако, и стога се те тачке на орбити називају еквиноцији (лат. *equinox*) или, српски, равнодневице.



Земљина орбитална раван (еклиптика) небески полутар и њихов пресек. Тачке равнодневице су у тачкама где линија пресека додирује орбиту.

Још су древни Халдејци, склони астрономији, опазили да се нешто чудно дешава са тачкама равнодневнице на које су будно мотрили јер су им биле веома важне: пролазак Сунца кроз њих означава почетак пролећа, односно јесени. Стари астрономи су кроз дуге векове посматрања са великим изненађењем уочили да се оне стално, иако веома споро померају у односу на звезде некретнице. То их је навело да размишљају о узроцима те појаве која је на први поглед реметила савршени космички ред. Опазили су да се тачка која означава почетак пролећа креће по еклиптици супротно од смера кружења Земље око Сунца. Прво писано сведочанство о разрешењу те тајне оставио је грчки астроном Хипарх око 130. године пре наше ере који је исправно закључио да се тачке укрштаја равни еклиптике и екватора померају јер се оса око које се обрће Земља креће. Она мења своју оријентацију у односу на звезде некретнице и током 26.000 година својим замишљеним врхом опише пун круг на небеском своду. За исто то време еквиноцијалне тачке обиђу целу орбиту и врате се у свој почетни положај. Та појава је названа *прецесија равнодневница*, а Исак Њутн је у 17. веку објаснио њен механизам и математички описао њен прави узрок: Земља има неправилан, на полутару испупчен облик, па је узрок прецесије њене осе ротације гравитациони утицај Сунца и Месеца на то испупчење.



За приближно 13.000 година Земљина оса ће бити оријентисана супротно него данас, а тачке краткодневнице, односно дугодневнице ће заменити места.



Опажање и разумевање прецесије чији је опток неупоредиво дужи од животног круга човека представља пример ненадмашне лепоте закључивања античких мислилаца. Посматрањем кружних кретања Земље доступних људском времену, из промене њиховог односа закључили су да постоји још један циклус који се ни на који други начин не би могао опазити. Показало се да је њихово тумачење прецесије ваљано и да су му модерна времена додала тачније вредности трајања.

Дуго се сматрало да је прецесија једино вековно кретање наше планете. То није чудно, јер је још у античко доба Аристархова хелиоцентрична теорија замењена Аполонијевом геоцентричном теоријом епицикала. Касније је сасвим потонула у заборав све док је у општем ренесансном таласу који је падом Византије заплуснуо Италију и Европу није, почетком 16. века, обновио пољски свештеник, астроном и лекар Никола Коперник. Коперникова обнова хелиоцентричног система није преко ноћи преокренула астрономску науку. Може се рећи да је њено прихватање потрајало читава два века, јер је идеолошка контроверза гео – хелиоцентричност дуго била жива. Она је спречавала дубље разумевање односа наше планете и Сунца. Тек када је та дилема научно и идеолошки била решена, када су усаглашене научне и политичке „истине“, могло се отићи корак даље. Тада се могло доћи до опажања још једне периодичне промене у кретању наше планете, још дуготрајније од прецесије: уочено је да ни угао који заклапају раван еклиптике и екваторијалне раван, т. ј. раван небеског полутара, није постојан, већ да се мења у распону од  $22,1^\circ$  до  $24,5^\circ$ .



Ђовани Батиста Касини



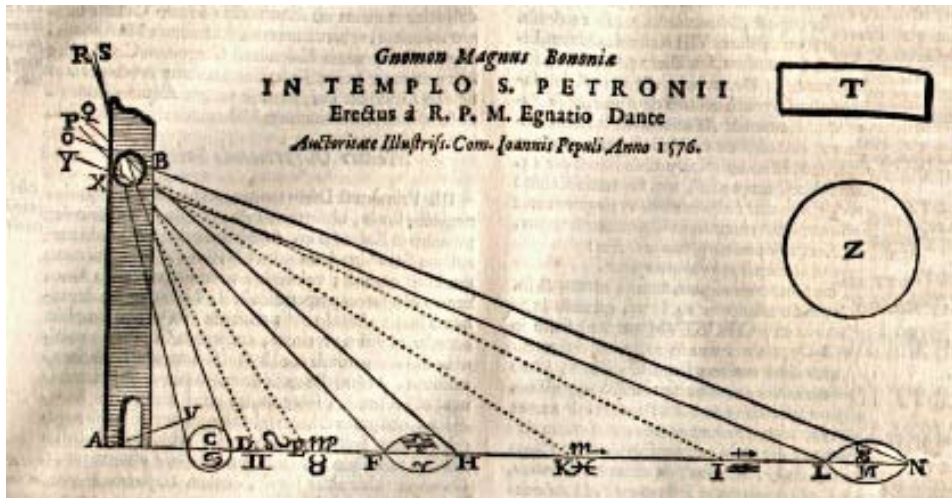


Схема гномона Егњација Дантија у цркви Светог Петронија у Болоњи

До овог увида се дошло управо због покушаја да се разреши противречност гео и хелиоцентричног погледа на свет. Италијански астроном Ђовани Батиста Касини zaloжио се 1655. године за обнову гномона који је постојао у цркви Светог Петронија у Болоњи.

Гномон је астрономски инструмент који је све до појаве телескопа омогућавао одређивање положаја и пречника Сунца преко одраза на тлу. У ту сврху, у овој цркви, Касини је постојећу меридијанску линију, која је приказивала релативни пут Сунца, продужио на шездесет седам метара да би што тачније одредио дужину тропске године мерењем времена које протекне између два узастопна проласка Сунца кроз пролећну равнодневицу. Овај астрономски инструмент је пре свега и био намењен одређивању тренутака равнодневице. Упадна тачка Сунчевог зрака на поду, који у замрачену цркву улази кроз мали отвор („око меридијана“) омогућавала је одређивање положаја Сунца и промене његовог кретања много боље него други гномони који су до тада били у употреби. Званична намера била му је да провери исправност грегоријанске реформе календара. Али права идеја, коју није могао да искаже само две деценије по суђењу Галилеју, била је да направи инструмент који ће моћи да помогне да се реши недоумица да ли је Сунчево кретање на небу стварно или привидно.

Касини се осмелио на овај подухват следећи рад Егњациа Дантија, космографа кога је 1575. Козимо I Медичи позвао да у Болоњи предаје математику и астрономију. Данти је био и члан комисије коју је папа Грегор XIII

поставио да припреми нови календар, који је и објављен 1582. Да би одговорио том задатку, Данти је у цркви Светог Петронија направио меридијанску линију коју је Касини касније обновио и продужио. Гномонски отвор постављен је у своду левог брода на висини од 27 метара тако да је дужина меридијанске линије на поду била тачно 1/600.000 обима Земље (66,71 метара). Користећи Дантијеву конструкцију Касини је могао да одреди промене пречника Сунца током године са тачношћу од једне лучне секунде. Тако је показао да се привидни пречник Сунца смањује како се повећава његово растојање од Земље, али се не смањује на исти начин када се његова брзина смањује. То значи да привидна неуједначеност Сунчевог кретања јесте право одсуство уједначености. Ово је представљало прву емпиријску потврду другог Кеплеровог закона, а дало је могућност Касинију да закључи да „са гледишта соларне теорије, Сунце или, исто тако, Земља могу се сматрати планетом, како је Коперник тврдио“ (*da un punto di vista della teoria solare, il Sole o, il che è la stessa cosa, la Terra, può essere trattato come un pianeta, come affermato da Copernico*).



Место на линији меридијана у цркви Светог Петронија које означава да се Сунце нашло у солстицију.

Брижљиво конструисана меридијанска линија омогућила је Касинију да уочи и одреди нагиб еклиптике -  $23^{\circ}29'15''$ , што је само  $22''$  више него што је данас познато. Следећи Касинија, Еустачио Манфреди је 1736. у делу *De Gnomone Meridiano Bononiensi*, анализујући осамдесет година посматрања на темељу меридијанске линије, показао да се нагиб еклиптике смањује за нешто мање од једне лучне секунде годишње. Сада је познато да средња вредност мања од половине секунде: полуциклус траје 20.500 година и за то време нагиб се промени за 8640 лучних секунди ( $24,5 - 22,1 = 2,4 \cdot 3600$ ). Смањивање нагиба, односно исправљање Земљине осе ротације у односу на полутарску раван тада је схваћено као први и прави узрок смањења разлика између годишњих доба. Велика меридијанска линија у цркви Светог Петронија тако је омогућила да буде откривена и мерена промена нагиба Земљине осе. Резултат је истовремено одушевио и заплашио астрономе, јер су поверовали да ће то кретање за мање од 2000 векова учинити да ишчезну годишња доба.

На срећу, радосну вест је у другој половини 18. века, после открића Леонарда Ојлера да је узајамно гравитационо дејство планета узрок промена нагиба планетских оса ротације, донео француски механичар Пјер Симон Лаплас. Он је показао да смањивање нагиба Земљине осе ротације није линеарно, већ циклично, периодично. Прорачунао је да је трајање једног циклуса промене нагиба

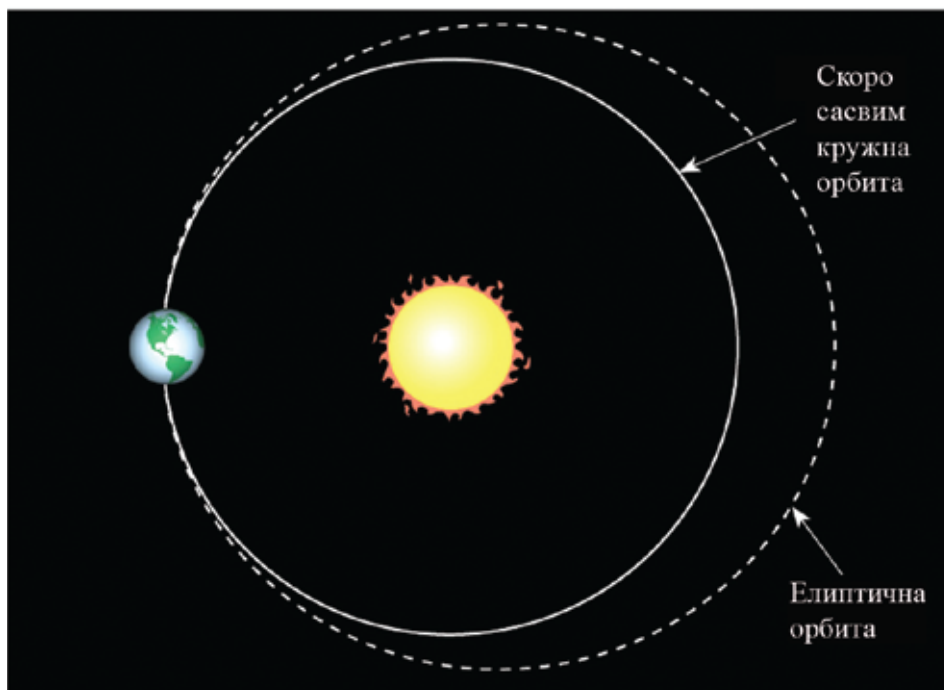


Циклус промене нагиба Земљине осе ротације у односу на раван еклиптике.

Земљине осе око 41.000 година. Астрономису могли да одахну - небеска механика неће довести до нестанка божанственог света којим владају годишња доба.

Лаплас је дошао и до закључка да поред ове постоји још једна осцилација дугог трајања. Следећи Лагранжа Лаплас је, узимајући у обзир међусобне утицаје шест тада познатих планета, израчунао да се облик Земљине орбите мења: краћа оса се наизменично издужује и скраћује дајући јој изглед који се мења од готово правилног круга (мале ексцентричности 0,0005) до благо издуженог облика (ексцентричности 0,06). То кретање названо је *променом ексцентричности Земљине путање*, а она се, захваљујући гравитационом дејству других планета, мења у циклусима од око 100.000, односно 400.000 година.

Ово ни издалека нису једине промене којима подлеже кретање наше Земље и Сунчевог система у целини. Задржаћемо се овде само на та три кретања, јер прецесија, промена нагиба Земљине осе и промена ексцентричности њене путање дају астрономски кључ којим је Милутин Миланковић „откључао“ тајну



Циклус ексцентричности

великих промена климе у Земљиној прошлости. Ова три кретања, заједно са њиховим утицајем на температурне услове планета, данас се називају Миланковићевим циклусима.

Прецесија равнодневница је сложена појава промене усмерености Земљине осе ротације (али не и њеног нагиба) – оса описује двоструки конус у простору, а њен замишљени врх на небеској сфери полако, током 26.000 година, исцртава кружницу идући у смеру казаљке на сату. Због овога се тачке равнодневица (пресеци еклиптике и екваторијалне равни) полако померају дуж еклиптике – током једне године за око 50 лучних секунди у смеру супротном кретању Земље. То померање равнодневица „вуче“ са собом годишња доба, те нам она сваке године долазе мало раније него претходне, но током више хиљада година знатно се промене датуми њихових почетака. На пример, у данашње време зима на северној полулопти траје у време када је Земља на страни орбите ближеј Сунцу (кроз перихел, тачку на орбити која је најближа Сунцу, Земља пролази 3. јануара), што је чини топлијом у односу на зиму јужне полулопте која траје у периоду када се Земља налази на оном делу своје орбите који је удаљенији од Сунца (кроз афел, најдаљу тачку орбите у односу на Сунце, Земља пролази 4. јула). Ово стање се, захваљујући прецесији, непрестано, мада за обичног човека неосетно, полако мења. За око 13.000 година, када Земљина оса опише половину кружнице на небеском своду, тачке равнодневица ће се померити тако да ће Земља бити најближа Сунцу у време лета на северној полулопти, што ће лета учинити топлијим, а зиме хладнијим него данас (на јужној полулопти супротно).

Да Земљина оса ротације није нагнута, не би било годишњих доба, а полови би вечно били у леденом добу. На срећу, она је нагнута – њен отклон од нормале на еклиптику је приближно  $23,5^\circ$ , те имамо годишња доба каква знамо, повратнике и поларне кругове тамо где су на глобусу нацртани. Но, тај нагиб се мења, а његова промена утиче на расподелу сунчеве топлоте дуж меридијана и на топлотне контрасте између топле и хладне половине године. Уколико је нагиб већи, поларни и тропски појас се шире, а умерени сужава. Температурна разлика између годишњих доба на високим географским ширинама постаје наглашенија, јер те области тада лети примају више топлоте, а зими мање. С друге стране, промене нагиба имају мали утицај на сезонске температурне разлике у полутарском појасу. Миланковић је учио да је промена нагиба осе планете кључни циклус настанка сталног леденог покривача чија су језгра раста смештена око 66. упоредника, јер одлучујући чинилац тога настанка није укупна количина топлоте коју прими полулопта у целини током године, већ расподела те топлоте по упоредницима и топлотни контрасти између хладне и топле сезоне.



Промена ексцентричности орбите утиче на удаљеност Земље од Сунца током године, односно на годишњу расподелу топлоте коју прима: уколико је облик орбите близак кружници (мала ексцентричност), Земља ће током целе године бити скоро подједнако удаљена од Сунца и у свим годишњим добима до ње ће пристизати подједнаке количине топлоте (јер примљена количина зрачења зависи од растојања). Уколико је орбита елипса, у појединим годишњим



Афел и перихел, тачке када је Земља најдаља и најближа Сунцу.



добима (којим, то зависи од положаја тачака равнодневице) Земља ће примати више топлоте (кад је ближа Сунцу), а у другим мање (кад је удаљенија). При садашњем ступњу ексцентричности, разлика у растојању перихел - Сунце (3. јануара, када је Земља најближа Сунцу), и афел - Сунце (4. јули, када је најдаље од Сунца), износи само 3,4% (5,1 милион километара). То даје 6,8% разлике у количини топлоте која стиже до површине Земље, но када орбита буде крајње ексцентрична, Земља ће у перихелу бити чак 23% осунчанија него у афелу.

Ови циклуси се одвијају истовремено, здружујући своје утицаје на загревање појединих области Земљине кугле у различитим годишњим добима. То чини да се клима стално, иако веома лагано мења од веома топле до ледено хладне. Пре десетак хиљада година довршавало се последње од ледених доба које је половину Европе оковало ледом, а Сахару претворило у зелену оазу у којој је бујао живот. Али, иако су ледена доба прошла и ишчилела из људског сећања, она су за собом на лицу Земље оставила дубоке трагове, о чијем пореклу су људи испредали различите приче. Научници су их дуго сматрали траговима великог потопа описаног у Светом писму. Такво схватање тражило је доста маштовитог домишљања, али зато није претило новим сукобом са црквом и њеним

Земља у последњем леденом добу и данас





догмама. Ледено доба као објашњење необичних геоморфолошких планинских облика први је 1787. године поменуо један Швајцарац - свештеник Бернард Кун, а потом још неколицина угледних европских геолога. Међутим, право «загревање» теме ледених доба отпочело је 1837. године, предавањем у швајцарском градићу Нојштателу које је одржао млади, енергични и одушевљени професор историје природних наука, Луј Агаси. Он је тврдио да су постојала ледена доба и да се само њима може објаснити «лутајуће камење» које је лежало веома удаљено од свог првобитног лежишта. Дубоки усеци на планинским странама, морене, нису настали као последица потопа, већ лаганог клизања ледника који је ваљао огромне количине стења и по повлачењу остављао велике стеновите наносе. Велики ауторитети у геологији су без много размишљања одбацили ову теорију тако да је од Агасијевог предавања прошло скоро тридесет година док *тврђња о постојању леденог доба* није била прихваћена.

Али када су се сложили са њом, научници су прегнули да се широм земљиног шара што боље упознају са доказима и чињеницама леденог доба: брзо су схватили да се лед ствара гомилањем слојева снега једног преко другог, да је постојало не једно већ неколико ледених доба, да се може одредити граница простирања леденог покривача и његова дебљина... У Европи се лед, дебео у просеку километар и по, ширио из Скандинавије и Шкотске да би прекрио највећи део Енглеске, Данску, северну Немачку, Пољску и делове Русије. Једна ледена капа са средиштем у Алпима истовремено беше затрпала Швајцарску и околне делове Аустрије, Немачке, Француске и Италије. Почетком XX века велики географ Јован Цвијић утврдио је да су глечери постојали и у српским крајевима: на Дурмитору, Проклетијама, Шари и другим планинама. Граница сталног леда овде се кретала између 1500 и 2000 метара надморске висине.

То су биле чињенице, али требало је поставити теорију да би се разумео узрок настанка ледених доба, разлог зашто се повлаче и сазнати хоће ли се опет догодити. Прве теорије су поставили геолози, а узрок су тражиле у **аутономном климатском систему Земље: океан-копно-лед-атмосфера**. Неке од њих су брзо одбачене јер су пронађени необориви противдокази, а неке су биле неупотребљиве јер је их било немогуће оповргнути. Увидело се да су геолошке теорије недовољне да би се објаснила клима и да динамику климе покрећу и неки други, скривени чиниоци.

Стога су теорије, поред геолога, почели да постављају математичари и астрономи. Оне су полазиле од *става да су промене климе изазване менама у расподели топлотне енергије коју Земљи шаље Сунце, а које су условљене променом њихове удаљености и угла под којим зраци обасјавају њену површину*. Џон Хершел (син Вилеама Хершела који је открио планету Уран) је 1830. године изнео идеју да ексцентричност Земљине путање утиче на промену климе. Он је поранио са том идејом, јер геолози још нису јасно уочили проблем ледених

доба. Касније се приклонио мњењу да је промена ексцентричности ипак сувише нејака да изазове изразите разлике у загревању Земље. Како је Хершел био неоспорни научни ауторитет, његов став је био довољан да се многи научници задуго окану оваквих размишљања. Али не и сви. Француски математичар Жозеф Алфонс Адемар је 1842. године објавио књигу *Периодичне поплаве - револуције мора* у којој је дао прву обухватнију теорију о утицају астрономских чинилаца на климу Земље. Он је изложио идеју да је прецесиони циклус узрок настанка ледених доба која настају наизменично на северној и јужној Земљиној полулопти, зависно од тога која има дужи зимски период (а његову дужину одређује положај екваторијалних тачака на еклиптици). Ову идеју Адемар је употпунио занимљивим сценаријем о катаклизмичним поплавама изазваним колапсом јужног леда и циновским таласима нагло загрејаног мора. Теорија није дуго живела: већ 1852. године немачки природњак Александар фон Хумболт показао је да је претпоставка о наизменичном загревању и хлађењу полулопти погрешна. Ипак није била заборављена и послужила је као подстрек за даља размишљања.

Адемарове идеје је прихватио и развио у нову астрономску теорију климе Шкотланђанин Џејмс Крол, чији мукотрпан живот, необична научна каријера и дубоко промишљање природних законитости заслужују истинско поштовање. Он је уочио да Адемар није био у праву када је тврдио да само промене у дужини топлих и хладних годишњих доба изазивају ледена доба, али је био уверен да иза ледених доба мора да стоји неки други астрономски механизам. Било му је познато да је француски астроном и математичар Ирбен Леверије показао да се ексцентриčnost Земљине орбите непрестано мења и израчунао величину и период те промене. Стога је у своја разматрања унео и тај циклус, мислећи да спрега прецесије и промене ексцентричности може изазвати ледено доба. О томе је написао научну расправу која је објављена 1864. године. Чланак је изазвао велику пажњу која га је подстакла да се и даље бави овим проблемом, што је потрајало још следећих двадесет година.

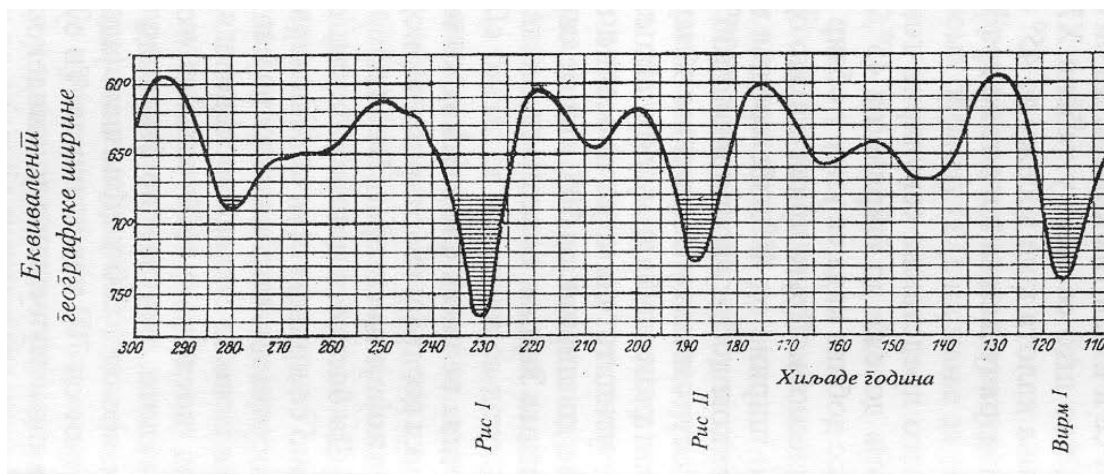
Крол је најпре израчунао промену ексцентричности орбите за неколико датума током последњих три милиона година и начинио криву којом је графички представио те промене. Закључио је да мора постојати нешто у вези са веома издуженом елипсом што доводи до ледених доба. Мада ексцентриčnost не утиче на укупну количину топлоте коју Земља прими током године, Крол је доказао њен утицај на количине зрачења које Земљина површина прима у појединим годишњим добима. Сматрао је да опадање јачине осунчавања током зиме погодује нагомилавању снега, и да ширење површина под снегом изазива додатно губљење топлоте због одбијања сунчевих зрака (тако је први развио идеју о повратном, «feedback» дејству). Затим је теорију увео утицај прецесије, која



Милутин Миланковић

одређује колико сунчеве енергије Земља прими током зиме. Сматрао је да ће једна или друга полулопта ући у ледено доба када се велика ексцентричност јави истовремено кад Земља у тачки зимске краткодневице буде далеко до Сунца. Убеђен да је узрок глацијација астрономски, покушао је да предухитри своје критичаре и преиспита какав би климатски одзив на Земљи могао појачати релативно слаб космички „сигнал“ и изазвати осведочено оштре климатске промене. Тако је дошао до замисли о промени тока океанских струја услед пасатских ветрова оснажених хлађењем полова. Године 1875. објавио је обимно дело *Клима и време у њиховим геолошким односима* у коме је заокружио (као Миланковић касније у *Канону*) своје погледе на узроке ледених доба. Ту је узео у обзир и промене нагиба Земљине осе: сматрао је вероватним да ће до леденог доба доћи када је оса ближа нормали, јер тада полови примају мање топлоте. На тај начин Џејмс Крол је први постао свестан важности свих астрономских циклуса и њиховог утицаја на климу Земље. Међутим он није успео да их правилно обједини и покаже праву делотворност њиховог садејства: он је разматрао количине топлоте које током појединих годишњих доба примају полулопте у целини (а не поједини упоредници), сматрао да су за настанак леденог доба пресудне хладне зиме (а не хладна лета) и да се језгра залеђивања налазе на половима (а не на ширинама око поларног круга). У његово доба, када су прорачуни небеске механике о променама астрономских елемената пресудних за осунчавање Земље били много мање тачни него 50 година касније, у доба Миланковићевог рада на проблему климе, када се, на пример, још није знало да ли јужни ледени континент (Антарктик) уопште постоји, када се није познавала вертикална структура атмосфере, када се сматрало да је Земља стара 98 милиона година, када су се само нагађали датуми ледених раздобља (у једном раду Крол наводи закључак да се последње завршило пре 100.000 година), више се није ни могло. Требало је сачекати да прође још пола века да се појави научник способан да се суочи са једним тако сложеним космичким проблемом. Тај научник био је Милутин Миланковић. Он је успео да осмисли и математичким језиком ваљано искаже општу теорију климе планета, као и посебну теорију о утицају особина Земљиног кретања на њено осунчавање и климу, која се данас сматра решењем тајне леденог доба.

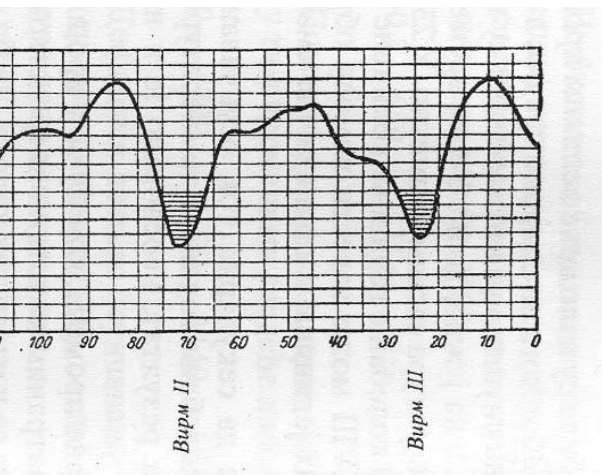
Миланковић је своју астрономску теорију климе почео да ствара почетком двадесетог века на Београдском универзитету. Пре тога добио је добро факултетско образовање у Бечу где је завршио Техничку школу и одбранио, „први од свих Срба“, докторат техничких наука. Врло брзо је постао угледни инжењер аустроугарске престонице који је изводио пројекте широм средње Европе, објављивао запажене стручне публикације и имао неколико признатих патената. Али рођен у српском селу Даљу, на јужној граници Монархије, у породици која је са патријархом Арсенијем Чарнојевићем у великој сеоби Срба



дошла са Косова и Метохије и вековима остала одана српском наслеђу, Миланковић није желео да живот проведе у Бечу, ни да сав рад посвети инжењерској струци. Године 1909. напустио је успешну инжењерску праксу да би дошао у Београд да на Универзитету предаје примењену математику. Касније је записао да је управо та катедра „чудним случајем обухватала сферну астрономију, небеску механику и математичку физику, које су на осталим универзитетима биле одвојене, а које су управо омогућавале да се проблем дугорочних климатских промена успешно разреши.“ Захваљујући својој смелој одлуци, истрајном раду и срећном сплету околности Миланковић је постао светски значајан научник, велики и по томе што је имао снаге да своје дело створи у Србији уздрмавајући тако предрасуде о могућностима „малих“ и „великих“ култура.

Миланковић је темељно приступио свом задатку. Прво је проучио све претходне теорије, уочио њихове лоше и добре стране, и изградио обухватну теорију климатских услова на планетама Сунчевог система, посебно на Земљи. Тако је створио прву математичку климатологију, која је била у стању да повеже осунчавање планета са променама климе на њима. О томе је 1920. године у Паризу објавио први велики рад, који су убрзо прочитали знаменити немачки климатолог Владимир Кепен и његов зет, један од водећих европских геолога – астроном, метеоролог и геофизичар Алфред Вегенер.

Сарадња са њима је Миланковића увела у дескриптивне науке о земљи (геологија, геофизика, метеорологија) које је он први математички повезао са егзактним наукама (небеска механика, теоријска физика...). Кепен је као и



Миланковићева крива осунчавања

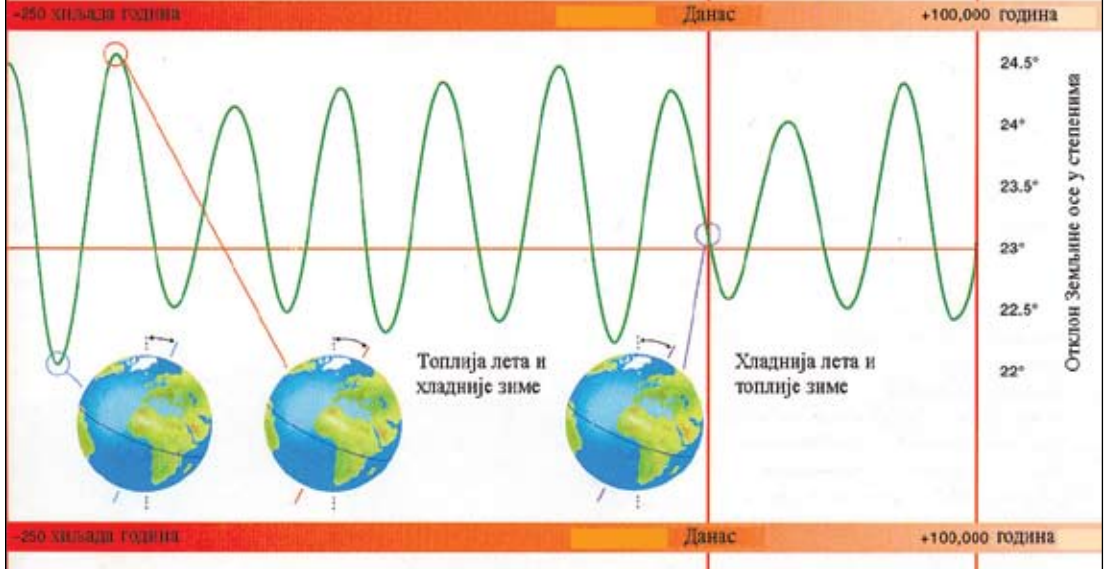
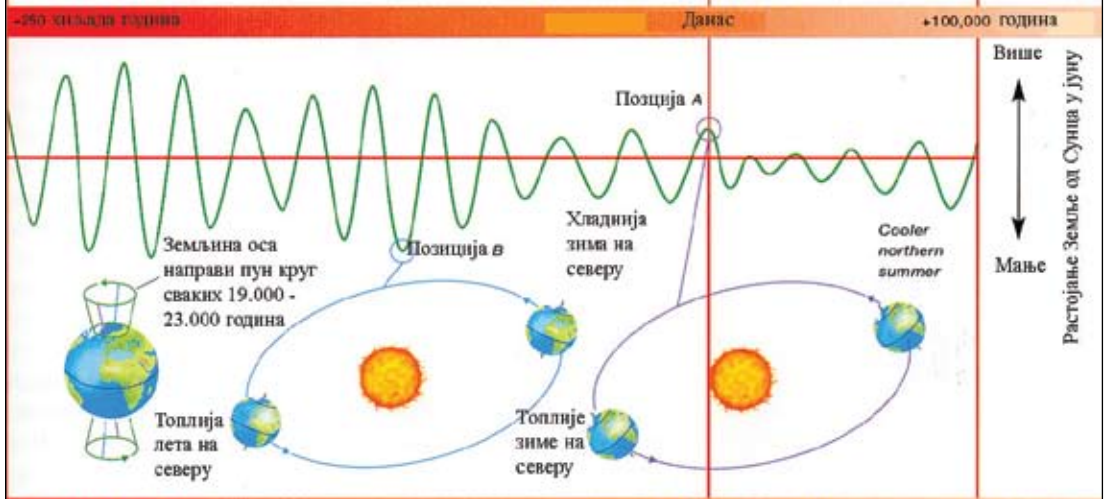
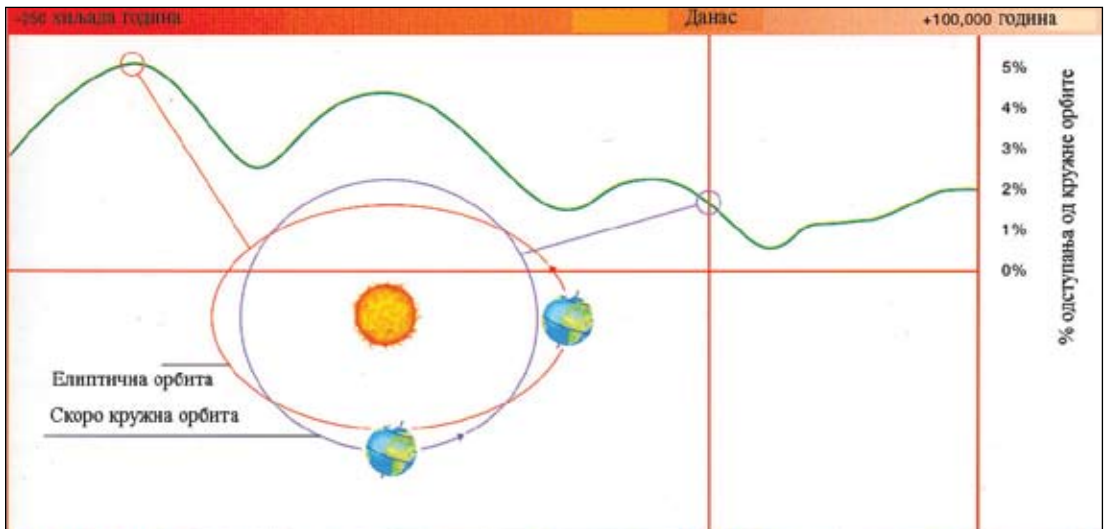
Миланковић био уверен да су за нагомилавање леда пресудна свежа лета током којих се не отопи сав снег нападао претходне зиме, као и да су за стварање трајног снежног покривача «критичне» географске ширине између 55. и 65. упоредника. Прихвативши се сарадње с Кепеном, Миланковић је израчунао промене у осунчавању тих упоредника за последњих 600.000 година и своје резултате представио у облику неправилне зупчасте линије која је касније постала славна под називом *крива осунчавања*. У њој је Кепен распознао ритам ледених епоха који су десетак година раније утврдили географи Пенк и Брикнер. Мада се тај ритам, који је Кепен користио да би поткрепио Миланковићеву теорију, касније показао нетачним, бројни потоњи научни резултати потврдили су Миланковићев основи став да промене геометрије орбите имају пресудан утицај на климу.

Крива осунчавања убрзо је прихваћена као основно научно средство за реконструкцију климатске прошлости, али то за Миланковића ни приближно није био крај посла. Он је наставио да још 15 година сабрано разрађује своју теорију. У доба када нису постојали рачунари био је то посао на ивици људских и научних могућности. Када га је привео крају, Миланковић је целокупан свој рад објединио у књизи коју је назвао *Канон осунчавања Земље и проблем ледених доба* (1941), која се сматра каменом темељцем многих савремених наука о Земљи.

У својој аутобиографији Миланковић објашњава да „у астрономској литератури реч *канон* значи такве списе који, слични у том погледу књигама цркве, садржавају неопозиве прописе“.<sup>1</sup> Стога је свом великом делу дао тај назив,

<sup>1</sup> Милутин Миланковић, Успомене, доживљаји, сазнања, Завод за уџбенике, Београд 1997, стр. 700.







јер је га је засновао на доказаним променама осунчавања планете изведеним из закона небеске механике. Гледано у целини, *Канон осунчавања* је општа хелиоцентрична астрономска теорија климе примењена на планете обавијене чврстом кором. То је обухватна математичка слика утицаја осунчавања планета на њихове соларне климе, у којој се Земља разматра као појединачни случај. Теорија има два дела која Миланковић назива „астрономски“ и „физикални“.

Први део описује утицај промена астрономских чинилаца кретања планета на њихово осунчавање у различитим годишњим добима и на различитим географским ширинама. Заснован је на два основна космичка закона: закону гравитације, који објашњава дуготрајне промене кретања планета и омогућава њихов прорачун, и закону зрачења, који говори о томе како се Сунчево зрачење шири кроз простор и стиже до појединих планета. Миланковић је објединио ова два закона, бројчано приказао временски ток температура на површинама планета и доказао улогу астрономских чинилаца у покретању механизма топлотних промена: геометрија планетарне орбите условљава количину Сунчеве енергије која стиже на јединицу површине горњег слоја атмосфере, а њене дуготрајне квазипериодичне промене мењају сезонску и ширинску расподелу осунчавања, што доводи до колебања климе. Осунчавање и загревање планете одређени су удаљеношћу од Сунца, односно димензијама орбите и њеном променљивом ексцентричношћу, и углом под којим зраци падају на јединичну површину, који се мења просторно, са променом географске ширине, и временски, пратећи вековне, споре али постојане промене оријентације и нагиба осе ротације.

Миланковић је рад на теорији осунчавања отпочео користећи податке о секуларним променама астрономских параметара за последњих милион година које је 1904. године објавио Лудвиг Пилгрим. Израчунао је како лагане промене тих чинилаца, дејствујући заједно, мењају образац осунчавања горње границе атмосфере на појединим географским ширинама. Разматрајући ледена доба, оценио је да је за настанак глацијације пресудну улогу имају сезонске разлике, те је увео појам топлотних полугодина. Прво је испитао и израчунао секуларни ток сезонског осунчавања на ширинама  $55^\circ$ ,  $60^\circ$  и  $65^\circ$ , у појасу који је најосетљивији на промене температурног биланса. У каснијој фази дотеривања своје теорије поново је извео све прорачуне, потпуније и са тачнијим подацима. Рачунао је осунчавање упоредника (на сваких  $5^\circ$ , од  $-75^\circ$  до  $+75^\circ$ ) и промене њиховог осунчавања посебно за зимску и летњу топлотну полугодину, у току последњих милион година. Ова поновна израчунавања промена астрономских параметара и тачно увиђање њиховог утицаја на климу представљају *punctum saliens* његове теорије.

Анализом добијених резултата представљених у виду кривих осунчавања Миланковић је утврдио да се у поларним областима надмоћно испољавају секуларне промене нагиба ротационе осе. У екваторијалном појасу

доминирају промене ексцентричности и прецесије, односно промене дужине годишњих доба. На средњим географским ширинама, нарочито од  $50^{\circ}$  -  $65^{\circ}$ , долазе промене сва три астрономска елемента до подједнаког израза. Такође је уочио да је  $65^{\circ}$  северне географске ширине критична област за почетак глацијације.

„Физикални“ део теорије је посвећен односу променљивог осунчавања и температура тла и атмосфере. У њему је Миланковић математички испитао и показао како зраци пролазе кроз атмосферу, стижу до тла, загревају га и тако загревају атмосферу одређујући дневни и годишњи ток температура површине и појединих слојева атмосфере. Треба рећи да је он први тачно израчунао температуре горњих атмосферских слојева. Такође је и формулисао математички однос летњег осунчавања и висине вечног снега и одредио како ће се површине под снежним покривачем мењати зависно од промена летњег зрачења. Проценио је климатске ефекте секуларних промена површина покривених ледом које значајно повећавају рефлексиону моћ Земљине површине. Дошао је до суштинског увида да осунчавање северне полулопте има преовлађујући утицај на колебање климе, будући да се две трећине светског копна налази на њој. Ледена доба на обе полулопте јављају се истовремено јер су изазвана истом силом: осунчавањем копна на северној хемисфери.



Амерички климатолог Џејмс Хејс, руководиоца пројекта CLIMAP

Када изложимо основе на којима почива Миланковића теорија природно се поставља питање шта ми, из видокруга времена у коме се креће људски живот и укупна људска култура, можемо заиста знати о дејству астрономских узрока на животне прилике на Земљи. Како ћемо пратити и проверити Миланковића који говори о небеској механици и циклусима дугим много хиљада година? Може ли се уопште у људском времену доказати астрономска теорија климе? Не обухвата ли она сувише дуг ход времена, много дужи од свега што је забележено у људској историји.

Ако су ти циклуси стварно оно што Миланковић тврди, био је уверен амерички климатолог Џејмс Хејс, који је покренуо великим климатолошки пројекат CLIMAP, онда они остављају поуздан траг на Земљи и не могу да буду невидљиви. Његова идеја била је да једноставно прати траг Сунца који се мења у складу са орбиталним циклусима. На тај начин учинио би заправо исто што и Ератостен који је некад давно гледао одраз Сунца у дубоком бунару и тако одредио пречник, односно обим планете. Или исто оно што и Касини који је пратио стазу Сунца на меридијанској линији на поду цркве Светог Петронија. Тако би он као и његови претходници гледао у одраз хиљадугодишњег Сунца на дну највећег бунара који ова Земља има – океана. Он је знао да ће видети одраз Сунца на дну океана, исто као што су га видели Ератостен и Касини, и да то није само метафора која нам допушта да га упоредимо са великим научним прецима. Ератостен је угледао лик који се због ротације, односно привидног дневног Сунчевог кретања у подне појавио у бунарској води. Слично томе, привидно годишње кретање Сунца, настало револуцијом – кружењем Земље око Сунца – такође оставља траг који може да се уочи ако се, рецимо, направи попречни пресек стабла дрвета. Тада ће се видети смењивање светлих и тамних прстенова, година, који одражавају топле и хладне, кишне или сушне године, оне са мање или више Сунца. Дрвеће је тако прави гномон, најбољи записи годишњих промена климе, права „стратиграфија“ неког места.

Ако је тако са дневним и годишњим кретањем наше Земље, зашто не би било слично и са њеним хиљадугодишњим кретањима? Кретања која трају много хиљада година такође морају да оставе трагове који сведоче о већем или мањем осунчавању Земље. Хејсов задатак био је да их пронађе и да тиме коначно геолошки потврди Миланковићев астрономски канон. Најлепше у његовом задатку било је да је Миланковићева астрономска теорија, заснована на небеској механици, потврђена на дну океана где светлост као да никада не допире. Међутим, Сунце је свуда, оно се незадрживо протеже и тамо где се не види – на самом дну океана, одражена таложењем микроорганизама, лежи прошлост његовог зрачења. На дну леже, једни преко других, рефлекси Миланковићевих циклуса – прецесије, промене нагиба осе и промене ексцентричности – са периодима од 23.000, 41.000 и 100.000 година – оцртавани милионе година

уназад. У тој игри светла и сенке могао се препознати дуги плес Земље, других планета и самог Сунца. Величина Миланковића је била што је тај космички ритам, ту игру светла и сенке, топлог и хладног, ухватио у математичке формуле и омогућио да бар донекле схватимо шта се догађа са климом на нашој планети.

Пројекат CLIMAP кренуо је маја 1971. и њиме су руководили, поред Џејмс Хејса, и Николас Шеклтон и Џон Имбри. Хејс је знао да коначни доказ лежи у геолошким језгрима извађеним са дна Атлантика, Пацифика и Индијског океана. Та језгра су уствари дугачки стубови седимената које посебне бушилице ваде из тла. Оне се заривају дубоко у подлогу и у своју шупљу унутрашњост утискују њен вертикални исечак. Прегледавањем таквих исечака упознајемо се са историјом настанка тла, од најстаријих слојева који леже најдубље, при дну језгра, до оних из данашњих дана који су на самом врху. Хејс је дуго трагао, али није могао да нађе право језгро - гномон са довољно поузданим и дугим записом Сунчевог трага, све док није прегледао обимну збирку антарктичких језгара, где је нашао једно са дна јужног Индијског океана које је допирало до слојева старих 450.000 година и које је садржало подробно и непоремећено сведочанство о таложењу микроорганизама, дакле и о клими, у протеклом раздобљу. Анализом је коначно установљено да се сваки од геолошких циклуса у језгру слагао са Миланковићевим астрономским циклусима. Указао се хиљадугодишњи Сунчев лик и његови обриси су се поклапали са Миланковићевим прорачунима. Пројекат је закључио да је след ледених доба одиста изазван променама ексцентричности Земљине орбите, прецесијом и променом косине осе ротације. Педесет година откако је Миланковић у Београду исцртао своје криве осунчавања, језгро извађено са дна Индијског океана непобитно је потврдило његову теорију ледених доба.

Зато је, иако Миланковићев велики научни оглед обухвата време које далеко превазилази људски век и простор који није ништа мањи од Сунчевог система, ипак могуће, као у каквој камери опскури, опазити астрономске циклусе о којима он говори и схватити њихово дејство. Тада се пред нама показују и сами Миланковићеви циклуси.

### *Прецесија*

Прецесија је кружно кретање Земљине осе ротације која продира кроз Земљину површину у тачкама које зовемо северни и јужни пол. Њен замишљени продужетак пролази кроз привидну небеску сферу у тачкама које се називају небески полови. Услед промене оријентације Земљине осе, небески пол се помера на звезданом небу тако да током прецесионог циклуса опише на њему кружницу са средиштем у тачки која се назива пол еклиптике. Познато нам је

да помоћу звезде која се налази у близини северног небеског пола ноћу можемо да одредимо где је север. Данас је та звезда Северњача, прва звезда у руди сазвежђа Мала Кола (или Мали Медвед – *Ursa Minor*), али у будућности она то више неће бити, као што то није била ни у прошлости. За старе Египћане, пре неких 3000 година северњача је била звезда Тубан (*Alpha Draconis*), најсајнија у сазвежђу Змаја (*Draco*), а за 11.000 година север ће показивати звезда Вега у сазвежђу Лира (*Lyra*).

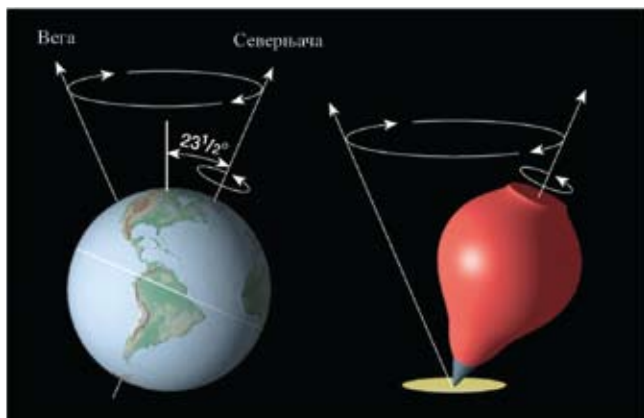


Кружење небеског пола у односу на звезде

На карти звезданог неба у астрономском атласу треба потражити ове звезде и упоредити њихов положај са данашњом Северњачом. Тако се непосредно схвата прецесиони пут који је Земљина оса прешла у протеклих 3000 година и који ће прећи у наредних 11.000.

Земља кружи око Сунца, али гледано са Земље, изгледа нам као да се Сунце креће дуж еклиптике, описујући годишње велики круг на залећу звезданог неба. Два пута годишње, у дане равнодневице, дан и ноћ трају подједнако. У ове дане треба устати довољно рано да се дочека излазак Сунца, а потом да се на истом месту испрати кад залази. Било би добро да хоризонт није заклоњен високим зградама. Треба скицирати (или фотографисати) источни и западни хоризонт и тачно уцртати место изласка и заласка – то су источна и западна тачка. Исто тако, ваља убележити тачно време када се при изласку најнижа тачка на Сунчевом диску попела на хоризонт, као и време када је при заласку

највиша тачка диска зашла иза хоризонта. Тако ћемо се уверити да су трајања дана и ноћи заиста једнака. Уколико хоризонт није слободан (као што је у градовима најчешће случај) могу да послуже и подаци о изласку и заласку који се свакодневно објављују у штампи. У току године треба посматрати бар једном месечно са исте тачке како се Сунце при изласку и заласку привидно помера на хоризонту – лети ка североистоку и северозападу, а зими ка југоистоку, односно југозападу. У своју скицу (фотографију) хоризонта треба унети и те тачке заједно са одговарајућим датумима. Од глобуса и неке кугле (лопте, балона, лампе с округлим абажуром...) може да се направи модел система Сунце - Земља да би се увидело зашто се током године мења дужина обданице, померају тачке изласка и заласка Сунца и мења подневна висина Сунца на небу.



Динамика прецесионог кретања

Датуми равнодневица, као и зимског и летњег солстиција (краткодневице и дугодневице) најзначајнији су тренуци у привидном годишњем ходу Сунца који је одувек одређивао живот на Земљи. Зато су од најстаријих времена светилишта и храмови грађени тако да у те дане сунчева светлост пролази кроз просеке направљене тако да буде осветљена поједина нарочита тачка унутар грађевине. Такав гномон налази се и у Србији, у манастиру Високи Дечани где је један прозор постављен тако да једна фреска на зиду буде осветљена Сунцем на заласку на дан зимског солстиција. Лепа је и вежба да се погледа где сунчеви зраци падају у вашој соби за време заласка на дан зимског солстиција. Ако неко жели, може да ту окачи неки посебан предмет.

Све док буду постојали Високи Дечани, стара светилишта и соба са обележјем, ма колико хиљада година да протекне, трајаће и у њих уграђене

светлосне маркације еквиноција и/или солстиција. Јер погледамо ли на свом моделу видећемо да је Земљина оса, задржавајући исти нагиб, описала рецимо пола круга, окренула се на другу страну, а тачке које означавају почетак појединих годишњих доба су се помериле за пола круга на еклиптици. Али све остало је остало исто. Однос између Сунца и Земље је остао непромењен – једина разлика је у углу из кога га посматрамо. Годишња доба и привидно кретање Сунца на небу све време остају исти.

Древни астрономи нису имали атомске часовнике и нису могли да одреде тачно тренутак у коме дан и ноћ подједнако трају, али су равнодневицу могли да утврде са својим гномонима по томе што тада Сунце излази тачно на истоку, а залази на западу. У то време, као што смо већ навели, Земља се налази у тачки пресека еклиптике и небеског екватора (еквиноциј), али се и Сунце, гледано са ње, налази у другој тачки пресека на супротној страни њене путање. Око 130. године пре наше ере грчки астроном Хипарх је упоређивао своја осматрања тачака равнодневице са посматрањима старим 169 година и закључио да су се оне за протекло време помериле око 2°. Знајући шта је Хипарх урадио, занимљиво је покушати да се схвати како је Хипарх могао тако тачно да одреди положај Сунца у односу на звезде када се звезде дању не виде? Или, како ноћу, када на небу има звезда, али нема Сунца, можемо да одредимо његов тачан положај? Да помогнемо, рећи ћемо да се то се не може извести сваке ноћи, већ врло ретко, када се ноћу догађа нешто изузетно. Одговор је да нам ноћу, осим звезда, светли још и Месец. Као што сви знамо, његова бледа светлост је одражена светлост Сунца, које сија тамо негде, Земљи иза леђа.

У модел Сунце – Земља унесимо још једну лоптицу, која ће представљати Месец, а потом поставимо све кугле у једну линију, тако да се Земља налази између Сунца и Месеца. У том положају, Земља заклања Сунчеву светлост и њена сенка пада на Месец – то је помрачење Месеца. Стари астрономи су се досетили: током помрачења Месеца, центар Земљине сенке је у тачки небеске сфере која се налази тачно насупрот Сунцу.

Поменимо још једном старе споменике. Осим „календарских“, оних који показују време еквиноција и солстиција, постоји још једна врста „астрономских“ споменика – опсерваторија. Наиме, неки народи подизали су споменике окренуте према посебној, за њих важној тачки проласка неке њима значајне звезде. Тако је у унутрашњости Кеопсове пирамиде начињен дугачки коси ходник са чијег се дна, укопаног 28 метара у стени испод пирамиде, мотрilo на доњи меридијански пролаз тадашње северњаче. Али услед прецесије, овакве опсерваторије не могу вечито да испуњавају своју функцију, јер се са кретањем небеског пола на небеској сфери помера и мета коју визирамо својим грађевинама, што нас враћа на сам почетак, овог одељка и ове цивилизације када је север показивала звезда Тубан у сазвежђу Змаја.



### *Промена нагиба Земљине осе*

Промена нагиба Земљине осе је као што смо видели циклична, наизглед мала, али за Земљу и живот на њој пресудна осцилација осе ротације. Она износи „само“  $3^\circ$ , а има период од 41.000 године, готово два пута већи од периода прецесије. За промену нагиба се каже да „влада“ годишњим добима, посебно на већим географским ширинама.

На свом већ направљеном „космичком моделу“ Сунце - Земља покушајмо сада да, значајно мењајући нагиб осе, уочимо шта се то мења у окolini Земљиних полова. Како се мења осунчавање поларног круга зими, а како лети? Да ли се разлика у осунчавању, а према томе и температури између лета и зиме, смањује или повећава? Да ли се нешто значајно мења у тропском појасу?

Пошто веома дуго траје, ова промена нагиба је, иако утиче на усмереност Земљине осе ротације, а тиме и на промену положаја небеског пола, уочена тек у Ренесанси. Али иако то звучи невероватно, она се и током једног



Споменик на Раковом (северном) повратнику у Тајвану

људског века може опазити. То су нам омогућили народи и културе који су подизали споменике природним појавама, а не само историјским личностима. Последњи такав споменик Јарчевом повратнику подигнут је 2004. године поводом Светског дана животне средине у Јужној Африци. Много раније, јапанске колонијалне власти су на Тајвану 1908. године поставиле обележје на месту где је новоизграђени аутопут пресецао северни, Раков повратник (Раков

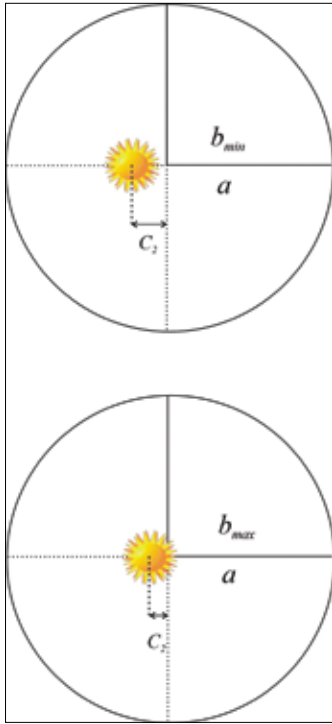
повратник на северној полулопти, као и Јарчев на јужној, означавају највишу географску ширину на коју сваке године у тренутку солистиција сунчеви зраци падају под правим углом). На споменику је на кинеском урезана и тачна географска дужина:  $23^{\circ} 27' 4''$ , 51. То обележје, као и неколико потоњих порушили су тајфуни и земљотреси, али су га јапанске, потом и кинеске власти увек обнављале. Данас се оно налази у лепом малом парку. Међутим, појавио се један проблем: за протеклих 100 година због промене нагиба осе Раков повратник се померио на југ читавих  $1,27 \text{ km}$ , а парк није могао да се прошири. Повратник ће наставити да се помера према југу још читавих  $90 \text{ km}$  пре него што кроз 9300 година почне да се враћа ка северу. И споменик у Јужној Африци ће ускоро имати исти проблем.

Истовремено са „бежањем“ повратника и арктички и антарктички круг се истом брзином померају према половима. Умерена зона се заправо шири на рачун тропског и поларног појаса, и то брзином д  $1500 \text{ km}^2$  годишње. Кад размислимо о овоме, (јер провера ових података захтева инструменте који обично нису доступни) схватићемо да се други Миланковићев циклус заправо догађа пред нашим очима.

### *Промена ексцентричности*

Иако Земљину путању најчешће, ради бољег уочавања, цртамо као елипсу, она у стварности много више личи на круг – само веома пажљиви посматрач би уочио да он није сасвим правилан. Облик те елипсе такође се мења, али је за то потребно, са људског гледишта, веома много времена – њена краћа оса се скрати и поново издужи за око 100.000 година. То је ток који не можемо опазити, али који је доступан математичким прорачуну: на основу закона гравитације може се израчунати како се путање чланова Сунчевог система мењају услед њихових међусобних утицаја.

Сама ексцентриčnost (а не њена промена) еклиптике може се међутим веома једноставно показати мерењем угаоног пречника Сунца. Како је Земљина путања елиптична, током године се мења растојање Земља - Сунце: најближи су једно другом 3. јануара, када се Земља налази у перихелу (147,1 милион километара), а најудаљенији 4. јула, када је Земља у афелу (152,1 милион километара). Како пречник Сунца није занемарљив у односу на ова растојања,



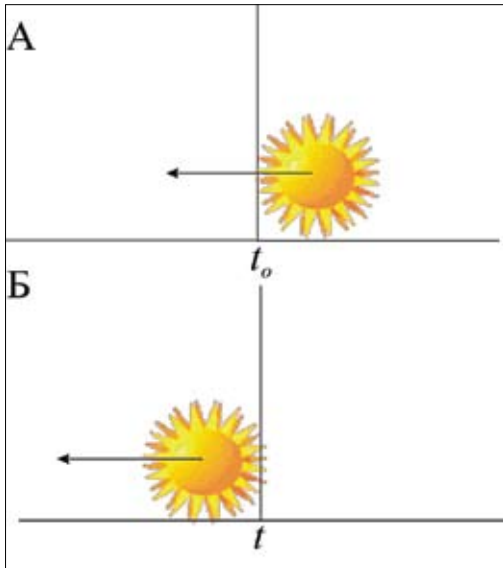
Промена ексцентричности Земљине орбите

$$E_{max} = c_1/a = 0,054317$$

$$E_{min} = c_2/a = 0,000567$$

оно ће током године привидно мењати величину, односно свој угаони пречник.

Да би се одредила та промена, потребни су мали телескоп, поуздан хронометар и табак папира (ни белог ни превише тамног). Телескоп ће се усмерити ка Сунцу, али се никако неће гледати кроз њега, јер је то опасно за вид. Лик Сунца посматраће се као пројекција на екрану од папира постављеном иза окулара. Пречник пројектованог лика зависиће од жижних даљина објектива и окулара и растојања окулара од екрана. Да би лик био довољно оштар и светао, екран треба тако поставити да пречник лика не буде већи од двоструког пречника објектива. На екрану се учртају две међусобно управне праве линије и поставе тако да лик Сунца клизи по водоравној линији. У тренутку кад ивица лика додирне вертикалну линију укључи се хронометар, а искључи се када цео диск пређе преко ње.



Одређивање привидне величине Сунца мерењем времена потребног да његов лик на заклону пређе преко усправне линије

*А – Почетак мерења. Хронометар укључи када слика Сунчевог диска додирне вертикалу.*

*Б – Хронометар искључи у тренутку када се диск одвоји од вертикалне линије.*

$$t_1 = t - t_0$$

$$t_1 = (t_1 + t_2 + \dots + t_n) / n$$

Очита се временски размак, забележи, а затим се, тачности ради, исти поступак понови још неколико пута. За тачну вредност узеоће се средња вредност очитаних временских интервала -  $t_s$ .

Уколико знамо да израчунамо тренутну деклинацију Сунца ( $\delta$ ) или да тај податак потражимо у астрономском годишњаку, може се израчунати и прави угаони пречник уз помоћ обрасца:

$$\rho'' = 15 t_s \cos \delta$$

Уколико се овакво мерење понавља више пута током године, добиће се различите вредности угаоног пречника. Оне ће достигати свој максимум односно минимум, у дане проласка кроз перихел, односно афел.

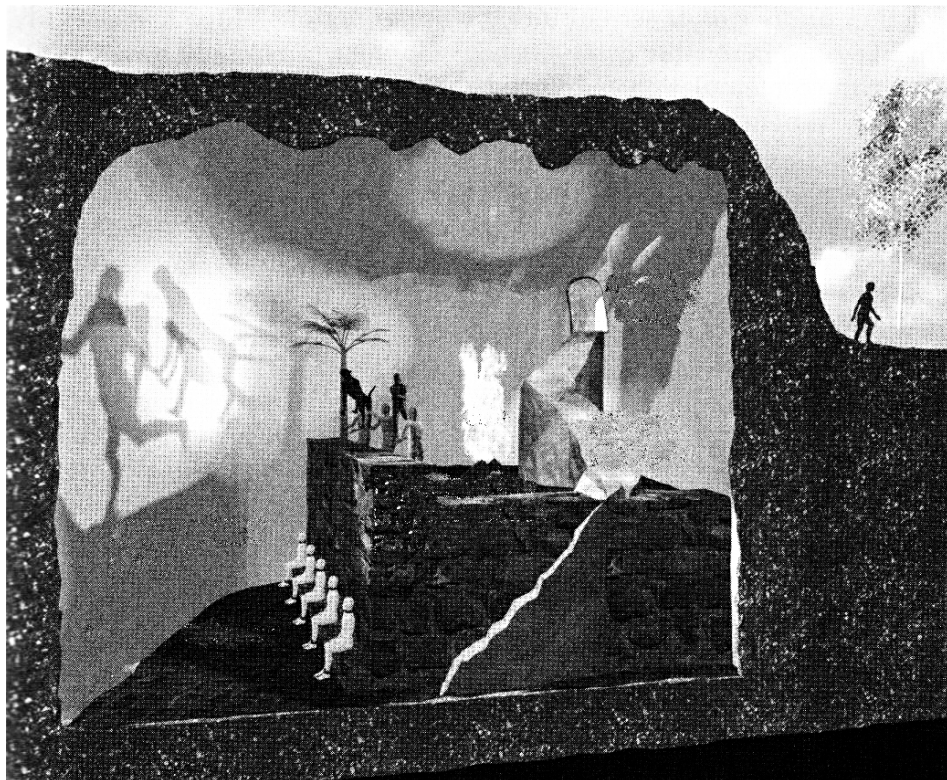
Уколико се нацрта график промене угаоног пречника током године, видеће се како се после годину дана вредности понављају. Из тога није тешко закључити да је то и период у коме се мења растојање Земље од Сунца, односно да Земљина путања није круг већ елипса. Уколико повучемо хоризонталну линију кроз тачку на усправној оси која се налази на средини интервала унутар кога  $p$  односно  $t_s$  осцилују, њен пресек са графиком промене указаће нам приближно на датуме када се Земља налази на *средњем растојању од Сунца*. То је још један начин да се провере мерења – у стварности, то се догађа 2. априла и 4. октобра.

## УМЕСТО ЗАКЉУЧКА: IDOLA SPECUS

Миланковићева теорија спаја сва ова три астрономска циклуса у један канон који нам омогућава да као у огледалу видимо Сунце и његове еонске операције, промене осунчавања планета, које остављају своје неизбрисиве стратиграфске трагове. Када упловимо у ово Ушће, пред нама се указује велика хармонија коју је исказао Миланковић – његово дело се зове *Канон осунчавања*, јер говори о непроменљивим условима сагласности неба и земље, што ми овде на Земљи видимо као климу и њене промене. Лепота канона осунчавања превазилази и његов научни значај јер оживљава културу повезаности која је пре више векова нестала са идејом да цео свет треба распоредити у претинце у којима треба одвојено чувати све оно чега у свету има. Таквим светом владају специјалисти који попут заробљеника у пећини из Платонове *Државе* не могу да макну главу ни десно ни лево.

„Замисли да људи живе у некој пећини и да се дуж ње провлачи широк отвор који води горе, према светлости“, каже Платон. „Они ту живе од детињства, а гледају само напред, јер због окова не могу окретати главе. светлост им долази од ватре која гори изнад њих и далеко иза њихових леђа. Између ватре и окованих води горе пут, а поред њега подигнут је зид као ограда какву подижу мађионичари да изнад ње показују своју вештину... Зар мислиш да они виде нешто друго осим својих сенки и сенки других људи, које светлост ватре баца на супротни зид пећине?... А сад замисли када би неко од њих био ослобођен окова и био принуђен да одједном устане, да окрене врат и да пође и погледа према светлости, док при свему томе осећа болове, а од светлости не може да види оне ствари чије сенке је некада гледао, шта мислиш шта би одговорио кад би му неко рекао да је дотле гледао само којештарије, да је сад

много ближе стварности и да види правилније, пошто је окренут већој истини... Па кад би, док су му очи још заслепљене и док још лутају овамо – онамо опет пожелео да се с оним затвореницима такмичи у процени оних сенки, зар не би изазвао смех и зар му не би казали да је одласком горе покварио очи и да не вреди ни покушавати да се доспе горе?“



Платонова пећина

Ове Платонове речи из седме књиге *Државе* можда су најбоља метафора за оно што је савременој науци и култури својим каноном дао Миланковић. У складу са тим је и Миланковићево прегнуће писања повести људи који су радили на осунчавању овог света и чији дух представља светионик који показује пут. Он то назива историјом науке. „Светска историја обрађена је безбројем дела. Под тим именом разумевала се, све до дубоко у деветнаести век, само политичка историја. Она се, у том смислу, учила у врло широком обиму и у средњим школама. Онда смо учили, једну за другом, све владавине краљева и царева

Египта, Асирије, Вавилоније, Рима, Немачке, Француске, Енглеске и других европских држава, памтили године почетка и свршетка њихове владавине, све бојеве и битке што су их ти владари међусобно водили, мировне уговоре и померања државних граница која су следила иза њих. Но о постепеном развићу и напретку наука, уметности и технике, једном речи, о материјалном и духовном развићу појединих народа и целог човечанства мало се водило рачуна у историјама. А Гутенбергов проналазак штампе значио је у том развићу више него сви Хајнрици, Конради, Отони, Едварди и .<sup>2</sup> Са нескривеном горчином, у уводу *Успомена* додаје – „О животу великих државника и војсковођа сачувале се још и из античког доба све појединости, а о Еуклидовој личности, чије дело је било више од две хиљаде година Еванђеље геометријских наука, не зна се ама баш ништа. Па и о животу каснијих великих научника очувала се тек по која, можда и накнадно измишљена, анегдота. Да нисам недавно објавио своје успомене о Михаилу Петровићу, не би се већ кроз коју годину дана знало ко је и какав човек био тај наш велики научник.“ И сасвим у складу са Платоновом метафором он је свестан да и сам није поштеђен заборављања и одбацивања. „... Неки од највећих наших синова развили су се и живели у иностранству да би онде, мерени западњачким мерилом, стекли светски глас. Неки су од њих преживели свој век незапажени од свог народа... Не мислећи себе да стављам у тешку категорију таквог типа људи, доживео сам и сам да сам двадесет година, од 1924. године био познат у иностранству као научник, да бих тек сада, једним својим нузгредним, забавним делом, постао познат нашој средини. Да сам у међувремену умро, не би се за мене овде ваљда ни знало...“<sup>3</sup> Али ипак, Миланковић у међувремену није умро, јер светло које је упалио тешко може да умине, а вишегласни одзиви на његов канон тешко да се могу пречути.

#### *Белешка о писцу*

*Проф. др Александар Петровић је руководио пројекта Теорија Милутина Миланковића и антропологија промене климе који финансира Министарство науке и технолошког развоја, секретар Одбора САНУ за дело Милутина Миланковића и динамику климатских промена, потпредседник комитета Човек и биосфера националне комисије за сарадњу са УНЕСКО и председник Српског друштва за историју науке. Аутор је (заједно са академиком Ђорђевићем) изложбе Канон Милутина Миланковића која је од јануара до априла 2009. одржана у Галерији Српске академије наука и уметности.*

---

<sup>2</sup> Милутин Миланковић, Техника у току давних векова, Изабрана дела, књ. 5, „Списи из историје науке“, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, 1997, стр. 133.

<sup>3</sup> Писмо Милутина Миланковића Паји Јовановићу, 27. јул 1944, Архив САНУ, 10.131-IV-9-43.



## ЛИТЕРАТУРА

- Agassiz, L. *Études sur les glaciers : aux frais de l'auteur*. Neuchâtel, Jent et Gassmann, 1840
- Antonoli, F. *215-ka History of sea-level oscillations from marine and continental layers in Argentarola Cave speleothems (Italy)*. *Global and planetary change*, 43, 2004, pp. 57–78.
- Berger, A. et al. (eds.). *Milankovic and climate*, Parts 1-2, *Understanding the response to astronomical forcing*, 2 vols., Dordrecht, Holland, D. Reidel, 1984.
- Berger, A. *Milankovic theory and climate*. *Reviews of geophysics*, 26, 4, 1988, pp. 624-657.
- Berger, A. *Long-term variations of daily and monthly insolation during the last ice age*. *EOS*, 57, 1976, pp. 254.
- Berger, A. *Support for the astronomical theory of climatic change*. *Nature*, 268, 1977, pp. 44-45.
- Berger, A. *Long-term variations of daily insolation and Quaternary climatic changes*. *Journal of atmospheric science*, 35, 12, 1978, pp. 2362-2367.
- Berger A., Loutre, M. F. An exceptionally long Interglacial ahead? *Science*, 297, 2002, pp. 1287-1288.
- Berger, W., Bickert, T., Jansen, E. Wefer, G., Yasuda, M. *The central mystery of the Quaternary Ice Age: a view from the South Pacific*, Oceanus, 1993.
- Инђић, М. *Библиографија Милутина Миланковића*. Српска академија наука и уметности, Београд, 1994, 168 стр.
- Imbrie, J., and K. P. Imbrie: *Ice Ages, solving the mystery*. New Jersey, Enslow Publishers, 1979.
- Imbrie, J., Hays, J. D., Martinson, D. G., McIntyre, A., Mix, A. C., Morley, J. J., Pisias, N. G., Prell, W. L. and Shackleton, N. J. *The orbital theory of Pleistocene climate: support from a revised chronology of the marine  $\delta^{18}O$  record*. In: Berger, A. L., Imbrie, J., Hays, J., Kukla, G. and Saltzman, B. (eds.), *Milankovitch and Climate*, part I, 1984, pp. 269-305.
- Jovanović, M., Marković, S.B., Gaudenyi, T. *Milutin Milankovitch and INQUA*. Milutin Milankovitch Anniversary Symposium „Paleoclimate and the Earth's Climate System, Berger, A., et al. (eds.), Serbian Academy of Sciences and Arts, Belgrade, Serbia, 30 August – 2 September 2004, pp. 177-181.
- Кнежевић, З. *Милутин Миланковић, астроном*, Стваралаштво Милутина Миланковића, Српска академија наука и уметности, Београд, 2009, стр. 73-96.
- Kukla, G. J. *Pleistocene land-sea correlations*. *Earth science review* 13, 1977, pp. 307-374.
- Kukla, G. J. *Loess stratigraphy in Central China*. *Quaternary science reviews*, 6, 1987, pp. 191-219.
- Kukla, G., Gavin, J. *Did glacials start with global warming?* *Quaternary science reviews*, 24, 2005, pp. 1547-1557.
- Liu, T. S., Ding, Z. L. *Chinese loess and paleomonsoon*. *Annual review of earth and planetary sciences*, 26, 1998, pp. 111-145.
- Loutre, M. F., Berger, A. *Marine Isotope Stage 11 as an analogue for the present interglacial*. *Global and planetary change*, 36, 2003, pp. 209-217.
- Marković, S.B., Hambach, U., Catto, N., Jovanović, M., Buggle, B., Machalet, B., Zöller, L., Glaser, B. Frechen, M. *The middle and late Pleistocene loess-paleosol sequences at Batajanica, Vojvodina, Serbia*. *Quaternary international* 198, 2009, pp. 255-266.
- Milankovic, V. *Milutin Milankovic, from his Autobiography*, Katlenburg-Lindau, Germany, European Geophysical Society, 1995, p. 181
- Миланковић, М. *О математичкој теорији климе*. Глас Српске краљевске академије LXXXVII, Београд, 1912, стр. 136-160.

- Milankovitch, M. *Über ein Problem der Wärmeleitung und dessen Anwendung auf die Theorie des solaren Klimas*. Zeitschrift für Mathematik und Physik, 62, Hft 1, 1913; S. 63-77, mit [1] Fig.
- Milankovitch, M. *Über die Verringerung der Wärmeabgabe durch die Marsatmosphäre*. Annalen der Physik, F. IV, 44, 1914; S. 465-476.
- Milankovitch, M. *Théorie mathématique des phénomènes thermiques produits par la radiation solaire*. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1920, ed., Académie Yougoslave des Sciences et des Arts, Zagreb, p. XVI, 338, [2].
- Milankovitch, M. *Mathematische Klimalehre und Astronomische Theorie der Klimaschwankungen*. Handbuch der Klimatologie, Bd I, T. A. Hrsg von W. Köppen und R. Geiger. Berlin, Gebrüder Borntraeger, 1930, S. IV, A176, mit 20 Fig. und 21 Abb.
- Milankovitch, M. *Stellung und Bewegung der Erde im Weltall*. Handbuch der Geophysik, Bd 1, Lieferung 1, Abschnitt II. Hrsg von Beno Gutenberg. Berlin, Gebrüder Borntraeger, 1933, S. 69-138, mit [9] Fig.
- Milankovitch, M. *Drehbewegungen der Erde*. Handbuch der Geophysik, Bd 1, Lieferung 2, Abschnitt VI. Hrsg von Beno Gutenberg. Berlin, Gebrüder Borntraeger, 1933, S. 371-437, mit [16] Fig.
- Milankovitch, M. *Säkulare Polverlagerungen*. - Handbuch der Geophysik, Bd 1, Lieferung 2, Abschnitt VII. Hrsg von Beno Gutenberg. Berlin, Gebrüder Borntraeger, 1933, S. 438-500, mit [8] Fig.
- Milankovitch, M. *Durch ferne Welten und Zeiten. Briefe eines Weltallbummlers*. Leipzig, Koehler und Amelang, 1936, S. 390, [2].
- Milankovitch, M. *Astronomische Mittel zur Erforschung der erdgeschichtlichen Klimate*. Handbuch der Geophysik, Bd IX, Lieferung 3, Abschnitt VII. Hrsg von Beno Gutenberg. Berlin, Gebrüder Borntraeger, 1938, S. IV, 593-698, mit [15] Fig.
- Milankovitch, M. *Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem*. Belgrade, Royal Serbian Academy of Science, 1941, p. XX, 633. Превод на енглески - *Canon of insolation of the Ice-Age problem*, Israel Program for Scientific Translations, U.S. Department of Commerce and the National Science Foundation, 1969. Превод на српски - *Канон осунчавања и његова примена на проблем ледених доба*, Београд, Завод за уџбенике, 1998. by Agency for Textbooks/Alven Global
- Миланковић, М. *Астрономска теорија климатских промена и њена примена у геофизици*, Београд, Научна књига, 1948, V, [3], 159 стр.
- Petrović, A. *Insolation and climate*, Belgrade, Federal Meteorological Institute, Serbian Society for the History of Science, 2002.
- Petrović, A. *Milankovic – the founder of the cosmic climatology*. Paleoclimate and the Earth Climate System. Belgrade, Serbian Academy of Science and Arts, 2004, pp. 197-200.
- Petrović, A., Fleming, J. *Milankovic's search for the missing link between Celestial and the earth sciences*. Diffusion of Science and technology, Chinese Academy of Sciences, 2005, p. 396.
- Петровић, А. *Канон осунчавања српске културе*. Великани светске науке са Београдског универзитета. Београд, Универзитетска библиотека "Светозар Марковић", 2007, стр. 3-16.
- Petrović, A. *Milankovic's Cycles and Methodological Triangle*. Proceedings of the Third South-East European Summer School for hand on Primary Education. Belgrade, Institute Vinca, 2007, pp. 26-31.

- Петровић, А. *Канон хелиоцентричне културе*. Астрономска теорија климе и друге расправе. Изабрана дела Милутина Миланковића, књ. 8. Београд, Завод за уџбенике, 2008, стр. 7-24.
- Petrović, A. *Milutin Milankovic*, Koertge, Noretta, ed. *New Dictionary of Scientific Biography*. Vol 1 – 8. Detroit Charles Scribner's, Thomson Gale, 2008, vol. 5, pp. 132-136.
- Petrović, A. *Styles of scientific thinking in the European tradition*. Vienna, Austrian Academy of Sciences, 2008, pp. 197-198.
- Петровић, А. *Циклуси и записи - opus solis Милутина Миланковић*. Београд Српска академија наука и уметности, 2009.
- Petrović, A. *Canon of eccentricity – how Milankovic built a general mathematical theory of insolation*. Climate Change at the Eve of the Second Decade of the Century, Belgrade, Serbian Academy of Sciences and Arts, 2009, pp. 69-77.
- Petrović, A., Marković, S. *Annus Mirabilis and the end of the geocentric causality - Why celebrate the 130th anniversary of Milutin Milanković?* Quaternary international, 30, 2009, pp. 1-5.
- Petrović, A. *The new Earth sciences between evolution and revolution – contributions of Milutin Milankovic and Alfred Wegener*, Loess Fest – International Conference on Loess Research, Novi Sad, University of Novi Sad, 2009, p. 14.
- Петровић, А. *Парадигма Миланковић*. Стваралаштво Милутина Миланковића. Београд, Српска академија наука и уметности, 2009, стр. 97-104.
- Petrović, A. *Milankovic's orbital forcing and global warming*. Natural hazards and disasters. Anantapur, University of Anantapur, 2009, pp. 1-17.
- Petrović, A. *Revolution and insolation*. Scientific technical review, vol. LVIX, 2009, pp. 3-10.
- Петровић, А. *Успомене и заборав*, Успомене доживљаји сазнања. Изабрана дела Милутина Миланковића, књ. 7. Београд, Завод за уџбенике, 2009, стр. 7-19.
- Петровић, А. *Хелиоцентрични , скривени хоризонт – размеђа историје српске науке*, Лицеум 10, канон Милутина Миланковића, 2006, стр. 211-239.
- Петровић, А. *Канон осунчавања у стакленој башти*, Лимес, 1/08, 2009, стр. 41-54.
- Hansen, J. E., Lacy, A., Ruedy, R., Sato, M. *Potential climate impact of Mount Pinatubo eruption*. Geophysical Research Letters, 19, 1992, pp. 142-158.
- Hays, J. D., Imbrie, J., Shackleton, N. J. *Variations in the Earth's Orbit: pacemaker of the Ice Ages*. Science, 194, 1976, pp. 1121-1132.
- Heilbron J. L. *The Sun in the church cathedrals as solar observatories*, Harvard University Press, 1999.
- Hilgen, F. J., Krijgsman, W., Langereis, C. G., Lourens, L. J., Santarelli, A., Zachariasse, W. J. *Extending the astronomical (polarity) time scale into the Miocene*. Earth and planetary science letters, 136, 1995, pp. 495-510.
- Hinnov, L. A. *New perspectives on orbital forced stratigraphy*. Annual review of Earth and planetary sciences 28, 2000, pp. 419-475.
- Fleming, J. *James Croll in context: the encounter between climate dynamics and geology in the second half of the XIX century*, Paleoclimate and the Earth climate system. Belgrade, Serbian Academy of Science and Arts, 2005.
- Croll, J. *On the physical cause of the change of climate during geological epochs*. Philosophical magazine and Journal of science, 1864.
- Croll, J. *Climate and time in their geological relations*. London, Dadly, Isbister & Co., 1875.



Стела Филипи Матутиновић

## **Дело Милутина Миланковића из наукометријске перспективе**

### **Увод**

Чувени астроном, геофизичар и климатолог Милутин Миланковић, професор Београдског универзитета 1909-1955, припада уском кругу научника светског ранга, што се може видети по огромном одјеку који његово дело има и данас, пола века после његове смрти. Често наилазимо у штампи, па и у неким стручним текстовима о њему и његовом делу, да је он наш најцитиранији научник свих времена. То није сасвим тачно ако се посматра само број цитата у цитатним базама података које се користе за праћење цитираности као методе евалуације научног рада, али је тачно да је он професор Београдског универзитета чије дело има најширу рецепцију у свету, јер је теорија под његовим именом ушла у светску литературу. Његови радови се више и не цитирају експлицитно сваки пут када се помене његова теорија, пошто је она постала део општеприхваћених и општепознатих сазнања која се више не морају цитирати, као Дарвинова теорија, Њутнови закони и сл.

Током живота бавио се различитим стварима – имао је 6 патената, 11 експертиза и преко 50 изведених грађевинских пројеката. Написао је 7 радова из области технике на немачком и два на српском језику. Петнаест радова - монографија и чланака посветио је историји науке и технике. Научно-популарно дело „Кроз васиону и векове“, које несумњиво има и књижевну вредност, доживело је више издања на српском и немачком језику. Опширна аутобиографија из три дела садржи изванредно занимљив приказ једног богатог живота и личног и научног развоја једне у сваком погледу изузетне личности.

Написао је укупно 47 научних радова и три универзитетска уџбеника. Био је ментор или члан комисије за оцену и одбрану 26 докторских дисертација. Од пет научних монографија које је написао, једна је објављена на српском, три на немачком и једна на француском језику. Једна монографија преведена је и објављена и на руском и једна на енглеском језику. Комплетну библиографију радова Милутина Миланковића, са подацима о свим издањима, преводима и приказима до којих је ауторка могла доћи, урадила је Милица Инђић, а објављена је 1993. године у издању Српске академије наука и уметности.<sup>1</sup>

## Наука о науци и наукометрија

Као научник широке светске рецепције а из мале научне средине, са делом које је закључено пре више од пола века, Милутин Миланковић је веома интересантна тема за наукометријска истраживања, којима се осветљавају процеси развоја науке<sup>2,3</sup>.

Наука о науци разматра њен развој са многобројних аспеката, од историјских до социолошких<sup>4</sup>. Оснивачем науке о науци сматра се Ј.Д. Бернал<sup>5</sup>, који је још пре седамдесет година у својој књизи о друштвеној функцији науке указао на потребу проучавања њене сложене организације. После Другог светског рата велику улогу у развоју науке о науци одиграо је Д. Де Сола Прајс<sup>6</sup>, који је међу првима широко примењивао квантитативне методе у истраживању развоја науке. Према Налимову и Муљченку<sup>7</sup> у науци о науци приступ може бити информатички, логички, гносеолошки, економски, политички, социолошки, демографски, психолошки и системски, а тек синтезом резултата истраживања науке добијених различитим приступима може се донекле разумети функционисање тако сложене система. Наука је систем који се организује и развија на основу специфичних законитости. Спољни фактори као што је притицање буџетских средстава из фондова за развој науке, организационе форме, идеолошки притисци и слично су елементи спољашње средине у којој се наука као систем развија и они могу бити погодни за њен развој или не, али не могу једноставно директно усмеравати њен развој и управљати њиме.

До шездесетих година прошлог века владало је уверење да се наука развија малим корацима којима се приближава истинитим сазнањима. Од појаве књиге историчара науке Томаса Куна 1962.<sup>8</sup> у којој је аутор развој науке приказао као смењивање фаза „нормалне науке“ и научних револуција, почело је да преовладава уверење да је развој науке скоковит. У фази „нормалне науке“ постоји широко прихваћен концептуални оквир и сет стандарда, владајућа теорија или парадигма се потврђује и прецизира даљим истраживањима, али се не доводи у питање. Тек када се накупи много научних резултата који се не могу објаснити владајућом теоријом, јављају се нове теорије или парадигме, које када их прихвати критична маса истраживача потискују претходне и долази до дефинисања нових концептуалних оквира и стандарда. Промене важећих парадигми у процесу развоја науке могу се успешно пратити наукометријским методама.

Процес математизације у данашње време се јавља у многим научним дисциплинама, па је присутан и у науци о науци<sup>9</sup>. Јаблонски<sup>10</sup> у својој књизи



о математичком моделирању науке користи резултате школе нелинеарне термодинамике неповратних процеса Иље Пригогина<sup>11</sup>. Из ове теорије произилази да се отворени системи, којима припада и наука, не могу развијати у близини равнотежног стања јер су стабилни, али ако се налазе далеко од равнотежног стања долази до флукуације и систем може прећи у ново стационарно стање са мањом ентропијом и већом структурном сложености. Да би се отворени систем задржао у неком стационарном стању и да би се спречио његов прелазак у стање са максималном ентропијом, тј. стање термодинамичке равнотеже по другом закону термодинамике, систем мора континуално да се снабдева спољним дотоком слободне енергије или материје богате енергијом. Отворени системи далеко од равнотежног стања имају само једну могућност развоја – према смањењу ентропије а повећању сложености. Усмерени процес развоја је последица инхерентне нестабилности и одговарајућих скоковитих прелаза у правцу пораста организације и усложњавања структуре система.

Наука има много параметара који се могу нумерички изразити, а чија бројчана вредност несумњиво карактерише неке њене аспекте. Тако се често у литератури јавља појам «мале» и «велике» науке, а подела је условљена бројем научника, институција, фондовима за истраживања, развијеношћу комуникационих канала и сл. «Мала наука, велика наука» је и наслов књиге Дерек де Сола Прајса, једног од класичних дела науке о науци<sup>12</sup>, у којој се разматра промена научног рада од делатности усамљених појединаца ка делатности великих и добро повезаних група истраживача, којима су на располагању велика материјална средства. По дефиницији наукометрија је област науке о науци која квантитативним методама проучава науку као информациони процес. Њена суштина је у поновљивим мерењима научне делатности, која откривају неке објективне квантитативне закономерности које важе у науци. Део наукометрије који се ограничава на проучавање науке као информационог процеса, преко носилаца информација као резултата научног рада, назива се библиометрија.

Данас се наукометријски индикатори, и то пре свега библиометријски, често користе са циљем да се вреднују резултати активних научника<sup>13, 14</sup>, и на тај начин усмерава расподела средства за будуће пројекте и вреднују резултати завршених пројеката<sup>15</sup>. За потврду вредности наукометријских индикатора истражују се посебно дела научника чија је вредност општеприхваћена. Оваква истраживања у оквиру наукометрије су у свету данас доста честа<sup>16</sup>, а има их и у домаћој научној литератури.<sup>17</sup> Постоје и два специјализована часописа у којима се објављују резултати наукометријских истраживања: *Scientometrics* (који је преко Конзорцијума за обједињену набавку КоБСОН доступан академским

институцијама у Србији) и електронски часопис *Cybermetrics*, који је слободно доступан на интернету на адреси [www.cindoc.csic.es/cybermetrics/](http://www.cindoc.csic.es/cybermetrics/).

## Библиометрија

Библиометрија се дефинише као део наукометрије који се ограничава на проучавање науке као информационог процеса, преко носилаца информација као резултата научног рада<sup>18</sup>. Носиоци информација су публикације – књиге, чланци, дисертације, цитати, библиографије, базе података, а данас и светска мрежа. Циљ библиометрије је да осветли процесе комуникације и развој научних дисциплина статистичком анализом научне литературе. Библиометријска проучавања се могу класификовати према типу података на којима су заснована или према сврси и области примене њених резултата. Резултати библиометријских истраживања могу се користити за утврђивање карактеристика цитираности литературе, истраживање процеса развоја појединих научних дисциплина, вредновање утицајности научника, часописа, институција, и сл<sup>19</sup>.

Од када су прва истраживања овог типа започета па до данас прикупљено је много емпиријских података о статистичкој анализи носилаца научних информација (научних часописа, монографија, библиографија, база података), научних комуникација (мрежа цитата и коцитата, линкова између веб сајтова на светској мрежи) и сл. Резултати свих тих анализа указују на постојање веома карактеристичних типова расподеле продуктивности носилаца научних информација, цитата по ауторима, часописима, институцијама, линкова по веб страницама итд. То указује на постојање неких стабилних закона расподеле. Пошто научне публикације представљају спољни одраз науке и производ научне делатности, законитости које делују у оквиру њих условљене су структуром науке као целовитог система.

Статистичко истраживање масива научних публикација први је извршио математичар Алфред Лотка 1926. године<sup>20</sup>. Он је прикупио податке о броју радова које је објавио сваки аутор укључен у реферативни журнал *Chemical Abstracts* у периоду од 1907. до 1916. Из тако добијених података емпиријски је утврдио присуство стабилног закона расподеле, који је по њему добио име Лоткин закон, и који је од онда потврђен много пута на веома различитим узорцима аутора из различитих наука и различитих делова света, па и код нас<sup>21</sup>. Закон гласи:

**Број научника који су написали дати број чланака је обрнуто пропорционалан квадрату тог броја чланака.**

Расподела научне продуктивности се описује помоћу три параметра – уделом научника са минималном продуктивношћу од само једног чланка, који у идеалном случају износи 60%, максималном продуктивношћу научника, тј. максималним бројем чланака који је објавио неки аутор, и карактеристичним показатељем  $\alpha$ , који је у идеалном случају једнак јединици. Оно што је важно нагласити, а произилази из овог закона, је да је однос броја ниско и високопродуктивних научника константан и да је немогуће водити научну политику тако да се подржава рад само високопродуктивних аутора, јер без нископродуктивних аутора нема научног колектива.

Бредфорд је 1934.<sup>22</sup> године применио други приступ. Он је средио информационе изворе по опадајућој продуктивности и сваком доделио место на ранг листи. Утврдио је да је могуће у свакој научној области извршити рангирање часописа тако да се издвоји језгро, које садржи већину чланака на посматрану тему, и зоне часописа са опадајућом продуктивношћу. Закон гласи:

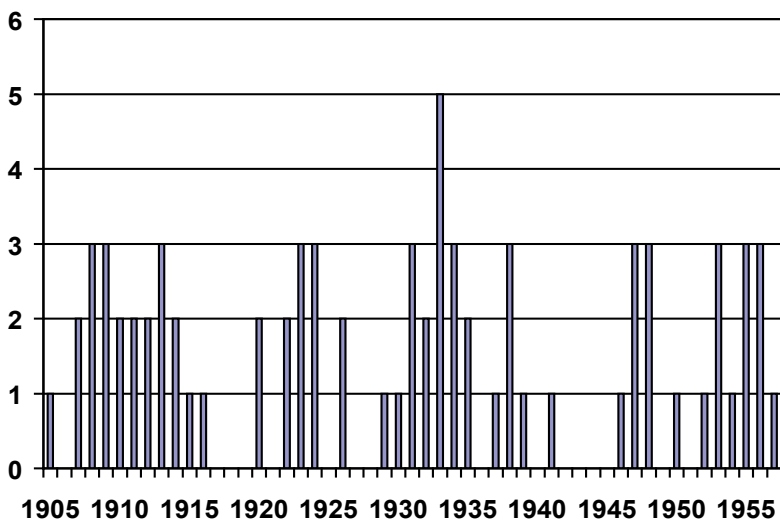
**Низ часописа сређених по опадајућем броју чланака на дату тему може се поделити на зоне са једнаким бројем чланака у свакој, при чему број часописа у низу тих зона чини геометријску прогресију са параметром  $q$  већим од јединице, тј. однос броја часописа у првој, другој и наредним зонама има облик:  $n_1 : n_2 : n_3 = 1 : q : q^2 \dots$ , а јединица одговара броју часописа у првој зони, односно језгру.**

Крајем осамдесетих година доказано је да су ови закони математички еквивалентни<sup>23</sup> и да припадају типу статистичке расподеле карактеристичном за друштвене појаве, где постоји мали број носилаца неке појаве који су високопродуктивни и велики број нископродуктивних. Одступања од вредности аритметичне средине су толика да њена вредност нема значај за дефинисање карактеристика посматране појаве, за разлику од одступања од средње вредности код нормалне расподеле уобичајене у материјалном свету. Детаљни приказ математичке еквивалентности експоненцијалних функција, Зипфове и Паретове расподеле може се наћи у онлајн приручнику Ладе Адамич<sup>24</sup>.

Библиометријска истраживања броја публикација као најприкладнијег квантитативног мерила које се може користити за проучавање развоја науке и евалуацију научног рада и даље су веома бројна у свету, а има их доста и у Србији<sup>25, 26, 27, 28, 29, 30, 31</sup>. Постоји доста објављених радова у којима се детаљно разматрају предности и мане библиометријских индикатора<sup>32, 33</sup>, а са развојем информационе технологије и електронског публиковања могућности за библиометријске, односно вебметријске анализе постају све веће<sup>34</sup>.

Од појаве светске мреже јављају се и истраживања дистрибуције учестаности коришћења појединих страница на мрежи. Утврђено је да се светска мрежа као и многе друге друштвене мреже понаша по Зипфовом закону расподеле. У књизи Алберта Ласла Барабаси-ја о новој науци о мрежама<sup>35</sup> из 2002. године анализирана је теорија мрежа и законитости које условљавају њену структуру. Резултати истраживања указују на то да и научна заједница представља међусобно чврсто повезану мрежу у којој су сви научници међусобно повезани преко радова које су написали. Анализирана је и структура светске мреже и утврђено је да архитектуром мреже доминира мали број чворова до којих води веома велики број линкова, док већина страница на мрежи има мање од 10 линкова и такве је веома тешко наћи. Странице до којих води огроман број линкова назване су хабови. Они доминирају светском мрежом. Појава експоненцијалне расподеле као што је Зипфов закон је недвосмислена ознака самоорганизације комплексних система.

На страници 178 поменуте књиге Барабаси каже : »У друштву којим све више доминира интернет, разумевање светске мреже има огромну вредност само за себе. Један од најзбудљивијих аспеката овог истраживања било је откривање закона чија валидност не престаје на капији сајбер простора. Ови закони, који једнако добро могу да буду примењени на ћелију или екосистем, показују како су незаобилазни природни закони и како дубока самоорганизација обликује свет око нас. Захваљујући својој дигиталној природи и огромној величини, светска мрежа нуди модел систем чији сваки детаљ може бити откривен.«



Графикон бр. 1: Број објављених радова по годинама

## Дело Милутина Миланковића као предмет библиометрије

Пошто је дело Милутина Миланковића вредно нове ома високоу светској науци и без коришћења наукометријских индикатора, занимљиво је размотрити какве вредности имају наукометријски индикатори примењени на његово дело. Астрономија у Србији<sup>36</sup>, и посебно дело Милутина Миланковића<sup>37, 38, 39</sup> били су већ и раније предмет библиометријских истраживања. Моје интересовање за ову проблематику започело је приликом припреме изложбе о Милутину Миланковићу 2006. у Универзитетској библиотеци «Светозар Марковић», која је касније пренесена и у ректорат Универзитета у Крагујевцу<sup>40</sup>. За изложбу је припремљена комплетна цитираност Милутина Миланковића према Science Citation Index-у 1945-2006. Ова изложба се у виртуелном облику налази перманентно слободно доступна на веб презентацији Универзитетске библиотеке «Светозар Марковић»<sup>41</sup>. Истраживања су више пута допуњавана<sup>42, 43, 44</sup>. У овом раду су ранија истраживања цитираности Миланковићевих радова допуњена новим подацима и анализама, како би се стекао јаснији увид у ток и тренутно стање рецепције Миланковићевог дела на основу наукометријских показатеља.

Индикатор који се често користи у процени научног доприноса је продуктивност научника за одређени временски период. Стога ћемо прво размотрити продуктивност професора Миланковића.

На основу библиографије Милице Инђић<sup>(1)</sup> направљен је следећи графикон, на којем је приказана научна и стручна делатност Милутина Миланковића по годинама, од 1905. кад је у својој 26. години објавио први рад, до 1957, када је са 78 година објавио последњи. Радови који су излазили у преводу или прештампани после смрти аутора нису узети у обзир. Укључени су и радови из историје науке а нису укључена научно-популарна дела и прикази. На графикону се могу уочити периоди за време Првог и Другог светског рата у којима је због околности крајње неповољних за истраживање и објављивање дошло до прекида у континуитету објављивања радова.

Јасно се издвајају три стваралачка периода. Први траје од његове 26. до његове 37. године, када је објавио укупно 23 рада. Други, најплоднији, период траје од његове 41. до 61. године и траје између два светска рата. Започиње 1920. појавом монографије на француском језику, која даје синтезу његових дотадашњих резултата, а завршава се 1941. појавом монографије на немачком језику, која даје синтезу његовог животног дела. У том периоду је објавио 34 рада. Трећи период почиње после Другог светског рата и траје до самог краја његовог живота. У том периоду објављивао је углавном универзитетске

уџбенике и дела из историје науке, сматрајући да је своје велико истраживање заокружио, а да више нема времена да почиње нешто ново.

Оно по чему је Миланковић изузетан, а посебно из данашње перспективе тимског рада у науци, је то да је све своје радове написао потпуно сам. То показује да у малој научној средини у којој је стварао није било друштвене подршке истраживањима којима се он бавио и да су његови научни резултати настали захваљујући његовој унутрашњој мотивацији и томе што је имао довољно воље, времена и средстава да се посвети истраживањима по свом избору. Тема коју је изабрао била је интердисциплинарна, а у Србији није постојала „критична маса“ људи у научној заједници, која би му можда обезбедила адекватне сараднике.

Треба ипак свакако нагласити чињеницу да је његов докторант и асистент од 1921, потом од 1925. до 1930. доцент а затим до 1943. професор теоријске физике на Београдском универзитету, Вјачеслав Жардечки (1896-1962), био после рата у САД изабран 1949. за професора геофизике на Колумбија Универзитету у Њујорку. У радовима које је објављивао до 1962. позивао се и на радове Милутина Миланковића чију је астрономску теорију климе прихватио, те се не може рећи да је Миланковић био потпуно без наследника. Жардечки је доста објављивао, посебно после преласка на Колумбија универзитет. Његови радови су и данас цитирани, а он је према подацима из Science Citation Index 1900-1996, добијеним на увид љубазношћу господина Дејвида Хоркиа из компаније носиоца издавачких права Thompson Reuters, био први аутор који је у водећем светском научном часопису објавио рад са Миланковићевим именом у наслову рада<sup>45</sup>. Сигурно је да је то имало утицаја на рецепцију Миланковићеве теорије, поготово пошто је 1969. године кључно Миланковићево дело, «Канон осунчавања», у оквиру Израелског програма превођења значајних дела из природних наука објављених у источној Европи за потребе US National Science Foundation преведено на енглески језик<sup>46</sup> и тиме постало доступно ширим научним круговима.

Важно је истаћи да Миланковић јесте радио сам, али не и у изолацији. Миланковић је био свестан тога да успешног рада у науци нема без сталног праћења светске научне литературе и без интензивне комуникације са колегама у свету. Да би своје резултате учинио видљивим и разумљивим колегама у свету, своја најважнија дела писао је на немачком и француском језику, који су у то доба били главни језици комуникације у светској науци. Колико је био блиско повезан са колегама из иностранства види се из његове богате преписке и богате личне библиотеке, у којој је чувао и све радове аутора који су користили и цитирали његове радове. Све цитате је уредно бележио и попис је сачуван у његовој заоставштини у Српској академији наука и уметности. И у том погледу је



био авангардан, схватајући да су мреже цитата много бољи систем повезивања научне литературе по садржају него било која постојећа класификациона шема научних дисциплина.

### **Цитираност Милутина Миланковића**

Продори у науци увек се догађају на граничним подручјима између различитих дисциплина, а уобичајени системи класификације научне литературе веома отежавају да се те везе уоче. Тек је Јуџин Гарфилд 1955. године дао предлог стварања цитатних индекса за праћење научне литературе<sup>47</sup>, а 1963. је направљен први цитатни индекс. Највећи проблем са којим се Гарфилд сусрео при изради цитатних индекса је био критеријум по којем ће одабрати часописе из којих ће пратити цитирану литературу. Пошто је већ добро познавао основне библиометријске законе, Гарфилд је формулисао и закон о концентрацији научне литературе, према којем се највећи део релевантне научне литературе публикује у малом броју часописа<sup>48</sup>. Овај закон је касније добио име Гарфилдов закон концентрације и на основу њега је изабран критеријум за одређивање просечне цитираности часописа – импакт фактор или фактор утицаја<sup>49</sup>.

Иако нису првобитно планирани да постану алатка за процену вредности научника, часописа, лабораторија, факултета, институција итд, данас се цитатни индекси користе као главни извор података о постојању и броју цитата као мерилу квалитета објављених научних радова.<sup>50, 51</sup> Цитатна анализа је метода која полази од тога да научници цитирају раније објављене радове, јер су резултати садржани у њима на неки начин повезани са њиховим сопственим. Претпоставка је да број цитата одражава утицајност резултата објављених истраживања и да се тим путем може мерити и квалитет тих резултата. Претходни услов за примену ове методе је постојање података одговарајућег опсега и квалитета, из којих се могу израчунати тачни бројеви цитата. Овај услов још увек није задовољен, али данас постоји више база података о цитатима, тако да је њиховим упоредним коришћењем могуће доћи до релевантних резултата<sup>52</sup>.

Цитати се у светској литератури у области природних и примењених наука могу пратити преко базе података Science Citation Index од 1900. године. Ова база података обухвата неколико хиљада водећих научних часописа, који су изабрани на основу тога да ли се литература објављена у њима цитира. Подаци о цитираности српских научника који су се бавили астрономијом преузети из ове базе података објављени су у књизи Милана Димитријевића<sup>(37)</sup>. За потребе ове наукометријске анализе, подаци су допуњени на основу базе података Web of Science, која обухвата и проширено издање Science Citation Index-а. Од 1945.

до краја 2008. године Милутин Миланковић је према овој бази података цитиран 1032 пута. Цитирано је директно 20 његових научних радова, а 13 је цитирано индиректно. Дистрибуција цитираности Миланковићевих радова приказана је у следећој табели:

Број цитата	1	2	4	6	8	12	14	46	77	230	512
Број радова	12	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1

Табела 1: Расподела цитираности Миланковићевих радова

**Најцитиранији рад је *Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem*, Belgrad, Königlich Serbische Akademie, 1941, са 512 цитата, *Mathematische Klimalehre und Astronomische Theorie der Klimaschwankungen*, Handbuch der Klimatologie, Bd I, T.A. Hrsg. von W. Köppen und R. Geiger, Berlin, Gebruder Borntraeger, 1930, са 230 цитата и *Théorie mathématique des phénomènes thermiques produits par la radiation solaire*, Paris, Zagreb, Gauthier-Villars et C'e, ed. Academie Yugoslave des Sciences et des Arts, 1920, са 77 цитата.** Интересантно је да су сва три најцитиранија рада монографије објављене пре Другог светског рата (1920, 1930. и 1941), па ипак је њихова цитираност и дан данас веома висока.

Да бисмо уочили колико је то висока цитираност, треба је упоредити са дистрибуцијом радова по цитираности у бази података ***Science Citation Index*** за период 1900–2005. Утврђено је да половина радова објављених у часописима обухваћеним цитатним индексима никада није цитирана, а од радова који су цитирани најмање једном, на радове цитиране више од 400 пута отпада свега



0,6% од 19.938.769 укупно цитираних радова . Утврђено је и да се свих осам најцитиранијих радова који припадају биомедицинским наукама односе на истраживачке методе и процедуре. Ови радови су укупно били цитирани око 900.000 пута у посматраном периоду, а распон броја цитата им је од 31.273 до 293.328. Ипак ове радове нико, па ни сами њихови аутори, не сматрају најзначајнијим научним радовима који су икад објављени.

Број цитата	Број радова са цитатима	% радова у WOS
>10,000	61	0.00%
5,000-9,000	120	0.00%
4,000-4,999	116	0.00%
3,000-3,999	215	0.00%
2,000-2,999	664	0.00%
1,000-1,999	3,887	0.02%
900-999	1,232	0.00%
800-899	1,762	0.01%
700-799	2,614	0.01%
600-699	4,077	0.02%
500-599	6,637	0.03%
400-499	12,557	0.06%
300-399	27,059	0.14%
200-299	74,025	0.37%
100-199	343,269	1.73%
50-99	953,064	4.83%
25-49	2,006,529	10.1%
15-24	2,226,603	11.2%
10-14	2,106,995	10.6%
5-9	3,891,542	19.5%
2-4	4,931,952	24.7%
1	3,343,789	16.7%
<b>Цитираних радова</b>	<b>19,938,769</b>	<b>100%</b>
<b>Укупно радова у Web of Science</b>	<b>38,163,319</b>	

Табела 2 : Расподела радова по учестаности цитирања 1900-2005.

Оно што је посебно занимљиво је да су Миланковићеви радови цитирани у најутицајнијим светским часописима из области геофизике, геологије, климатологије, астрономије, екологије и посебно у часописима мултидисциплинарног карактера. Број цитата последњих година расте.

**Web of Science**, база података која садржи преглед објављених и цитираних радова у преко 8.700 водећих светских часописа, даје могућност анализе добијених резултата за период од 1996. до данас. У периоду 1996-2008. било је 727 радова који се позивају на научно дела Милутина Миланковића, било да се експлицитно наводе поједини радови, или основне поставке његове теорије и појам Миланковићевих циклуса.

На следећој табели наведене су научне области којима припадају ти радови:

НАУЧНА ОБЛАСТ	БРОЈ РАДОВА
НАУКЕ О ЗЕМЉИ	341
ПАЛЕОНТОЛОГИЈА	179
ГЕОЛОГИЈА	165
ГЕОГРАФИЈА	154
ГЕОХЕМИЈА И ГЕОФИЗИКА	70
ОКЕАНОГРАФИЈА	62
МЕТЕОРОЛОГИЈА И АТМОСФЕРСКЕ НАУКЕ	56
МУЛТИДИСЦИПЛИНАРНЕ НАУКЕ	48
НАУКА О ЖИВОТНОЈ СРЕДИНИ	24
АСТРОНОМИЈА И АСТРОФИЗИКА	16
ЛИМНОЛОГИЈА	12
ЕКОЛОГИЈА	10
БИОЛОГИЈА	7
ФИЗИКА, МУЛТИДИСЦИПЛИНАРНА	7
ФИЗИЧКА ГЕОГРАФИЈА	6
ТЕХНИЧКЕ НАУКЕ	6
ЕВОЛУЦИОНА БИОЛОГИЈА	5
ФИЗИКА	5
ХИДРОЛОГИЈА	4
КОМПЈУТЕРСКЕ НАУКЕ	3
ПОЉОПРИВРЕДНЕ НАУКЕ И ШУМАРСТВО	2
МАТЕМАТИКА	2
БОТАНИКА	2
АНТРОПОЛОГИЈА	2

Табела 2: Расподела по научним областима чланака у Web of Science у којима је Миланковићево научно дело навођено

Ови радови били су објављени у 83 часописа из различитих научних области. Већина ових часописа спадају по свом квалитету и значају у сам врх у

оквиру дисциплина којима припадају. То се може видети у следећој табели, у којој су наведени наслови часописа у којима су објављена најмање 1% радова у периоду 1996 –2008, у којима је цитиран неки рад Милутина Миланковића. Часописи су сређени по научним областима и за сваки од њих је наведено које место заузима на ранг листи часописа за ту научну област, колико часописа има на тој ранг листи, као и импакт фактор часописа за 2007. годину. Импакт фактор часописа је број који показује просечну цитираност радова у датом часопису, а израчунат је тако што је број цитата које су 2007. године у бази података Science Citation Index expanded добили сви радови објављени у њему подељен са бројем радова који су били објављени у том часопису 2005-2006. године. Податке о вредности импакт фактора часописа издавач цитатних индекса Thompson-Reuters објављује средином сваке године за претходну годину, заједно са детаљном анализом цитираности часописа укључених у базу података Journal Citation Reports.

НАСЛОВ ЧАСОПИСА	БРОЈ РАДОВА	ИМПАКТ ФАКТОР	МЕСТО ЧАСОПИСА НА РАНГ ЛИСТИ ОБЛАСТИ
1. EARTH AND PLANETARY SCIENCE LETTERS	24	3,873	2/63 geochemistry + geophysics
2. PALEOCEANOGRAPHY	21	3,391	geosciences 5/137
3. QUATERNARY SCIENCE REVIEWS	17	4,11	4/137 geosciences
4. CLIMATE DYNAMICS	13	3,961	3/51 meteorology
5. NATURE	9	28,751	1/50 multidisciplinary
6. PALAEOGEOGRAPHY PALAEOCLIMATOLOGY PALAEOECOLOGY	9	2,162	28/137 geosciences
7. SCIENCE	9	26,372	2/50 multidisciplinary
8. GLOBAL AND PLANETARY CHANGE	7	2,311	22/137 geosciences
9. DOKLADY EARTH SCIENCES	6	0,434	127/137 geosciences
10. GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS	6	2,744	14/137 geosciences
11. JOURNAL OF CLIMATE	6	3,55	4/51 meteorology
12. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH- ATMOSPHERES	6	2,953	12/137 geosciences
13. SEDIMENTARY GEOLOGY	6	1,757	7/40 geology
14. CLIMATE OF THE PAST	5	1,45	28/51 meteorology
15. GEOLOGISCHE RUNDSCHAU	5	2,357 (2001.)	13/117 geosciencea
16. GEOLOGY	5	3,754	1/40 geology
17. MARINE GEOLOGY	5	1,975	34/137 geosciences
18. CHINESE SCIENCE BULLETIN	4	0,77	21/50 multidisciplinary
19. CLIMATIC CHANGE	4	2,89	7/51 meteorology
20. COMPTES RENDUS GEOSCIENCE	4	0,88	86/137 geosciences
21. CRETACEOUS RESEARCH	4	1,045	15/40 geology
22. EARTH-SCIENCE REVIEWS	4	4,31	3/137 geosciences
23. EPISODES	4	0,868	88/137 geosciences
24. INTERNATIONAL JOURNAL OF EARTH SCIENCES	4	1,719	43/137 geosciences
25. IZVESTIYA-PHYSICS OF THE SOLID EARTH	4	0,439	57/63 geophysics
26. REVIEWS OF GEOPHYSICS	4	6,9	1/63 geophysics
27. STRATIGRAPHY AND GEOLOGICAL CORRELATION	4	0,682	25/40 geology

Табела 3: Часописи у којима је Миланковић цитиран 1996-2008 (више од 1% укупног броја радова)

Све се чешће дешава да се Миланковићева теорија појављује као појам у наслову и апстрактну чланака, а да његови радови нису цитирани. У периоду 1996-2008. Миланковић се као кључна реч појављује у 727 радова. Пошто је у истом периоду цитиран у 386 радова, то указује на појаву да је Миланковићева теорија до те мере прихваћена и позната да је постала део обавезног знања, те се више не сматра обавезним да се његови радови цитирају.

НАСЛОВ ЧАСОПИСА	БРОЈ РАДОВА	ИМПАКТ ФАКТОР	МЕСТО ЧАСОПИСА НА РАНГ ЛИСТИ ОБЛАСТИ
1. PALAEOGEOGRAPHY PALAEOCLIMATOLOGY PALAEOECOLOGY	78	2,162	28/137 geosciences
2. EARTH AND PLANETARY SCIENCE LETTERS	47	3,873	2/63 geoch geophys
3. GEOLOGY	36	3,754	1/40 geology
4. PALEOCEANOGRAPHY	33	3,391	Geosciences 5/137
5. SEDIMENTARY GEOLOGY	33	1,757	7/40 geology
6. QUATERNARY SCIENCE REVIEW	22	4,11	4/137 geosciences
7. MARINE GEOLOGY	20	1,975	34/137
8. JOURNAL OF SEDIMENTARY RESEARCH	17		
9. GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS	16	2,744	14/137 geosciences
10. GLOBAL AND PLANETARY CHANGE	14	2,311	22/137 geosciences
11. CRETACEOUS RESEARCH	13	1,045	15/40
12. SEDIMENTOLOGY	13		
13. NATURE	12	28,751	1/50 multidisciplinary
14. QUATERNARY RESEARCH	12	2,224	27/137 geosciences
15. JOURNAL OF THE GEOLOGICAL SOCIETY	11	2,304	24/137
16. PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS OF THE ROYAL SOCIETY OF LONDON SERIES A- MATHEMATICAL PHYSICAL AND ENGINEERING SCIENCES	10	1,52	12/50 multidisciplinary
17. SCIENCE	10	26,372	2/50 multidisciplinary
18. CLIMATE DYNAMICS	8	3,961	3/51 meteorology
19. FACIES	8	0,989	16/40 geology
20. GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA BULLETIN	8	3,354	6/137
21. QUATERNARY INTERNATIONAL	8	1,468	50/137 geosciences

Табела 4: Часописи у којима су објављени радови у којима се Миланковићева теорија наводи у наслову или апстрактну 1996-2008 (више од 1% радова)

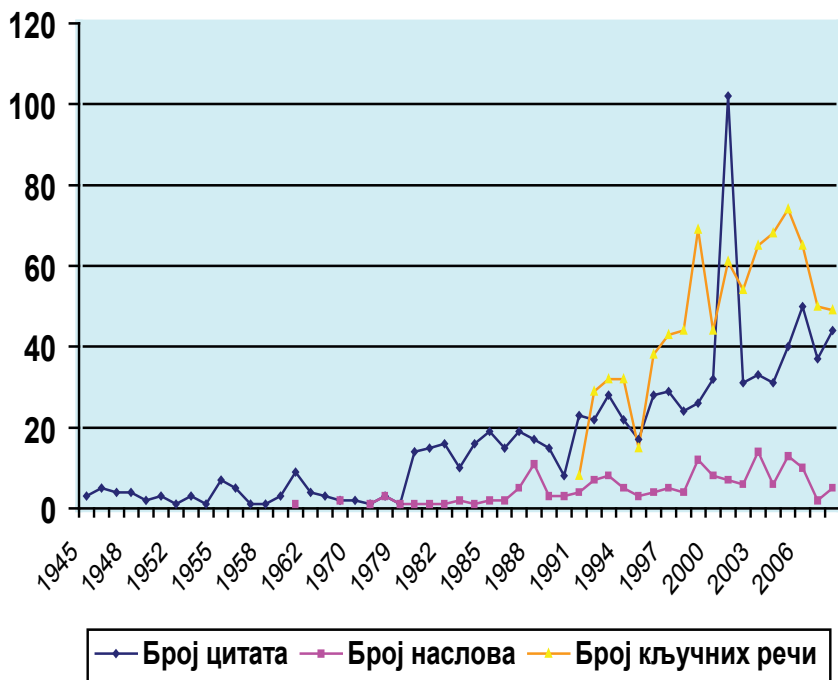


Да би се боље осветлио његов значај у науци, истражена је појава Миланковићевог имена као кључне речи у насловима и сажетцима радова. У насловима и кључним речима његово име се јавља најчешће у оквиру синтагме „Milankovitch cycles“ и „Milankovitch theory“. У бази података Science Citation Index Expanded подаци о кључним речима постоје од 1992. а подаци о речима у насловима радова постоје од 1945. Из наредне табеле могуће је видети да је већ од 1992. године број радова у којима је Миланковић кључна реч премашио број радова у којима је цитиран. Ова појава је веома значајна јер показује да је његово име постало део научних појмова који представљају основу науке и стога се не сматра обавезним да се тачно наведе публикација у којој је овај појам дефинисан. Научници који експлицитно не цитирају његова дела сматрају да је њихово познавање обавезно за сваког ко се бави науком, да су основне поставке астрономске теорије климатских промена ушле у уџбенике и да стога нема потребе да их цитирају. Тако ће данас нека од дела која су преломна за развој науке, као на пример Дарвиново „Порекло врста“ бити цитирана експлицитно једино ако се аутор позива на неку конкретну чињеницу наведену у том делу на одређеној страници или ако се рад односи на развој еволуционе мисли, а неће бити цитирано у сваком раду који се односи на теорију еволуције. Овај процес током којег престаје експлицитно цитирање радова значајних научника први је описао Мертон<sup>54</sup>, и он је у Миланковићевом случају очито у току. У следећој табели дат је преглед броја цитата, броја радова са Миланковићевим именом у наслову и броја радова у којима је његово име кључна реч за период 1992-2008.

Година	Број цитата	Миланковић у наслову	Миланковић као кључна реч
2008.	44	5	49
2007.	37	2	50
2006.	50	10	65
2005.	40	13	74
2004.	31	6	68
2003.	33	14	65
2002.	31	6	54
2001.	102	7	61
2000.	32	8	44
1999.	26	12	69
1998.	24	4	44
1997.	29	5	43
1996.	28	4	38
1995.	17	3	15
1994.	23	5	32
1993.	29	8	32
1992.	29	7	29
Укупно	605	119	832

Таб. 3: Расподела цитата, кључних речи и речи у наслову 1992-2008.

На графичком приказу јасно се види тенденција пораста броја цитата, броја радова у којима се Миланковићево име налази у наслову и од 1992. броја радова у којима је Миланковић кључна реч.



Сл. 2: Број цитата, наслова и кључних речи 1945-2008.

Миланковић је током целог свог живота одржавао интензивну комуникацију са колегама у свету, што се види из великог броја писама сачуваних у архиву САНУ. Добро је разумевао процесе комуникације у науци као њен неопходан део, а прикупљао је и све цитате својих радова до којих би дошао. Тако је прикупио податке о 110 радова у којима је био цитиран.

Први рад са Миланковићевим именом у наслову објавио Вјачеслав Жардецки у веома угледном и утицајном мултидисциплинарном часопису *Annals*

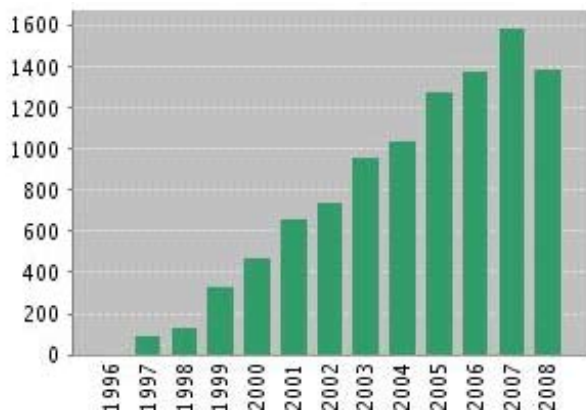
of the New York Academy of Science и на графикону је видљиво да је после тога дошло до скока броја цитата <sup>(44)</sup>.

Велики скок броја цитата приметан је од осамдесетих година, што је резултат објављивања потврде Миланковићеве теорије на основу међународног пројекта CLIMAP у часопису Science 1976.<sup>55</sup> Овај рад цитиран је у бази Web of Science укупно 1337 пута и у свим тим радовима Миланковићева теорија је морала бити поменута у тексту, чак иако није експлицитно цитирана.

Данас је јасно доказано да број цитата није довољно прецизан показатељ научне вредности и да се за цитатну анализу морају користити и додатни подаци. Institut for Scientific Information Thompson Reuters је стога у Web of Science укључио и могућност да се провери цитираност радова у којима је неки аутор цитиран, како би се видело да ли су ти радови утицајни и на тај начин боље одмерио значај апсолутне бројке нађених цитата.

У Миланковићевом случају показало се да су радови у којима је његово име кључна реч високоцитирани. Укупно је у Web of Science било 715 радова са кључним речи „Milankovitch“ у периоду 1996-2008, који су у истом периоду били цитирани 10.117 пута. Просечна цитираност сваког од ових радова била је 14,15, а Хиршов индекс ових радова је 49.

#### Број цитата по годинама



Сл. 4: Цитираност радова у којима је Миланковић кључна реч по годинама

У раду објављеном новембра 2009. у часопису Scientometrics<sup>56</sup> дата је анализа процеса промене важеће парадигме у космологији од статичког погледа на космос до теорије великог праска. Постављена је хипотеза да ако долази

до скоковите промене парадигме, она се мора одразити у високој цитираности радова научника који су утицали на промену парадигме и опадању цитираности присталица старе парадигме, док ако нема нагле промене, цитираност научника који заступају различите парадигме остаје висока дужи временски период. Библиометријска студија је обухватила цитираност до 2008. године 27 значајних публикација објављених од 1912. до 1965. које су играле важну улогу у промени схватања космоса. Ове публикације имале су заједно 4239 цитата, од чега само 215 до 1960. године. То је стога што је у првој половини 20. века било мало астронома и космолога, па је било и мало објављених радова и мало цитата. Тек после 1960. интензивирани су истраживања космоса и број публикација и истраживача је знатно порастао у целом свету.

Показало се да цитираност ових радова није уједначена по броју, и да се може уочити који су радови највише утицали на промену парадигме на основу броја цитата. Издвојили су се радови Фридмана из 1922. са 342 цитата<sup>57</sup>, Хабла<sup>58</sup> из 1926. са 406 цитата и рад Пензиаса из 1965. са 870 цитата<sup>59</sup>. Пошто је Хабл први доказао да се галаксија Андромеда налази изван Млечног пута и да је космос много већи него што се до тада сматрало, по њему су названи Хаблов закон и Хаблова константа, који се односе на брзину удаљавања галаксија од посматрача. Појмови који носе Хаблово име јављају се у Web of Science у насловима 1996-2008. укупно 1001 пута, као кључна реч у радовима 4.892 пута, а његови радови су у истом периоду цитирани укупно 1169 пута. Број цитата Хаблових радова је око два пута већи него број цитата Миланковићевих радова, што није велика разлика с обзиром на ширину теме којом се бавио Хабл. У насловима се Миланковићево име јавља десет пута мање него Хаблово, што је и очекивано с обзиром на то да су Хаблова константа, дијаграми, радијус универзума, Хаблов тип галаксије и Хаблов телескоп веома често коришћени појмови у астрономији. Хабл као кључна реч јавља се шест пута чешће него Миланковић као кључна реч. У истом периоду радови осталих најистакнутијих астрофизичара према наведеном раду Вернера Маркса и Луца Борнмана<sup>(55)</sup> били су у Web of Science 1996-2008 цитирани знатно мање него Миланковићеви. Радови Фридмана (Friedmann A.) били су цитирани 113 пута, Алфера (Alpher R.A.) 105 пута, Бонди-а (Bondi H.) 101 пут, Хојла (Hoyle F.) 214 пута, Пензиаса (Pensias A.A.) 311 пута и Дикиа (Dicke R.H.) 86 пута.

У текстовима о историји науке у Србији често се помиње Никола Тесла и његово дело. Стога су у следећу упоредну табелу укључени и подаци који се односе на цитате Теслиних радова и анализу његовог научног доприноса. Радови у којима се помиње тесла као мерна јединица, компаније које носе Теслино име и ТЕСЛА линеарни акцелератор нису узети у обзир. Подаци о Михајлу Пупину

који се такође често помиње у историји науке у Србији нису унети у табелу 4. јер је у посматраном периоду био цитиран свега 20 пута а име му се као кључна реч појавило 6 пута.



Год.	Број цитата Миланковић	Број цитата Хабл	Број цитата Тесла	Миланковић у наслову	Хабл у наслову	Тесла у наслову	Миланковић као кључна реч	Хабл као кључна реч	Тесла као кључна реч
2008.	40	73	15	5	65	7	49	428	7
2007.	36	75	20	2	52	11	50	306	12
2006.	41	87	9	10	66	2	65	341	2
2005.	37	72	6	13	69	2	74	366	2
2004.	30	58	11	6	71	9	68	373	3
2003.	32	65	4	14	76	1	65	420	1
2002.	27	71	18	6	68	13	54	443	13
2001.	31	86	5	7	58	2	61	395	3
2000.	25	61	4	8	60	0	44	320	1
1999.	23	79	3	12	79	4	69	317	7
1998.	21	68	3	4	64	4	44	233	4
1997.	24	79	5	5	86	3	43	257	3
1996.	22	68	1	4	71	3	38	212	6
1995.	17	59	6	3	34	1	23	123	1
1994.	22	62	2	5	38	0	30	139	0
1993.	28	52	1	8	22	0	32	118	0
1992.	22	54	2	7	22	3	29	101	1
Укупно	478	1169	115	119	1001	65	838	4892	66

Табела 4. Упоредна цитираност и присуство у насловима и кључним речима Миланковића, Хабла и Тесле

На основу података из ове упоредне табеле можемо закључити да је присутност радова и научних резултата Милутина Миланковића у светској науци веома велика. Његово дело значајно је допринело томе да чињеница да астрономски утицаји имају велики значај за промене климе на планети Земљи постане општеприхваћена и то је могуће доказати и уобичајеним наукометријским методама.

Данас се утицајност неког ствараоца може посматрати и преко присуства његовог имена и дела на Интернету. На водећем светском претраживачу Гугл Миланковић се појављује на преко 219.000 веб страница. Појам *hubble* појављује се 1.730.000 пута а тесла 3.720.000 пута, вероватно зато што су појмови везани за имена Тесле и Хабла ушли у свакодневни живот људи више него појмови везани за Миланковића. Едвин Хабл појављује се као синтагма на Гуглу 16.500 пута, Никола Тесла 48.000 пута а Милутин Миланковић 2.000 пута. Google Books даје податке о преко 1670 књига у којима се Миланковићево име помиње у тексту, у 1516 књига се помиње име Едвина Хабла и у 6747 књига се помиње Никола Тесла. Wikipedia, најкоришћенији реферативни извор података преко Интернета, садржи чланак о Миланковићу и појам „Миланковићеви циклуси“ на енглеском, српском и многим другим језицима.

Осим базе података **Web of Science**, данас постоје и друге специјализоване базе података у којима се могу наћи подаци о појави кључних речи у насловима и апстрактима радова или цитираности аутора. Једна од таквих је Smithsonian/NASA Astrophysics Data System, која обухвата базе података Astrophysics, Physics и ArXiv e-prints, које укупно садрже око 7,4 милиона библиографских референци са апстрактима или са пуним текстом. У овој бази података Миланковић се као појам појављује у 728 радова. Претраживање је обављено 1.12.2009. на интернет адреси <http://adswww.harvard.edu>. Приступ подацима у овој бази је бесплатан за све.

Друга велика комерцијална база података мултидисциплинарног карактера, направљена са жељом да надмаши **Web of Science** је **Scopus**<sup>60</sup>. Ова база података обухвата око 16.500 наслова часописа, а у Србији је могућ потпун приступ подацима за последњих 7 година, а бројчаним подацима од 1968. Ако у овој бази поставимо упит колико се пута појављује Миланковић као реч у апстракту или наслову радова, добићемо податак да се укупно појављује 1264 пута. Већина радова класификована је у науке о Земљи, науку о животној средини и мултидисциплинарне науке. Аутори у чијим се радовима Миланковић најчешће помиње су: Berger, A. (15), Shackleton, N.J. (13), Hilgen, F.J. (12), Strasser, A. (11), Berger, W.H. (11), Naish, T.R. (11), Kashiwaya, K. (10), Olsen, P.E.



(10), Wefer, G. (10) итд. Часописи у којима је објављено највише радова су: Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology (94), Earth and Planetary Science Letters (59), Nature (56), Paleoceanography (51), Geology (42), Sedimentary Geology (39), Quaternary Science Reviews (32), Science (26), Geophysical Research Letters (25), Quaternary Research (24), Marine Geology (23), Sedimentology (19), Terra Nova (19), Orbital Forcing and Cyclic Sequences (17), Journal of Sedimentary Research (17), Cretaceous Research (17), Global and Planetary Change (16), Quaternary International (15), Journal of the Geological Society (14), Climate Dynamics (13).

Сви ови часописи уз један изузетак налазе се и у бази података Web of Science.

Према Scopus-у, Миланковић се на светској мрежи појављује на 18.302 веб странице. Могуће је и пратити цитираност појединих аутора у оквиру радова обухваћених базом података. Тако је Миланковић у радовима у овој бази цитиран укупно 781 пут. У истом периоду у бази података **Web of Science** цитиран је 392 пута. Из тога се види да се базе података не поклапају у потпуности, али водећи аутори и часописи налазе се у обе базе података.

Данас је најпопуларнији извор информација Интернет претраживач **Google**, који има огромну базу података о информацијама у електронском облику. Ако поставимо упит „**Milutin Milankovitch**” добићемо 8.360 линкова до веб страница са информацијама о Милутину Миланковићу, а ако поставимо упит „**Milankovitch cycles**” као резултат добићемо 48.100 линкова до страница које садрже овај појам. Међу нађеним страницама биће и оних које садрже информације које нису научног или стручног карактера. Стога ако желимо да се ограничимо на информације из електронских извора које су на Интернет поставиле научне установе, библиотеке или неки други веродостојни извори, претраживање треба вршити преко **Google Scholar**. У том случају на упит „**Milutin Milankovitch**” добићемо 13.400 линкова до одговарајућих веб страница или каталожних записа из светских библиотека, а на упит „**Milankovitch cycles**” добићемо 10.700 линкова. Google Scholar омогућује и да видимо колико пута су цитирани радови неког аутора који су укључени у ову базу података. У случају Милутина Миланковића, његови радови су према овој бази података цитирани у 604 рада који су укључени у Google Scholar. Претраживање је вршено 1.12.2009.

Једини проблем са овом базом података је што не постоје тачни подаци о томе шта је у њу укључено а шта није, не постоје пописи часописа, књига и других публикација у штампаном или електронском облику чији су садржаји укључени у базу. Но с обзиром на то да је приступ овој бази бесплатан и да је

њен раст веома брз, може се очекивати да ће се подаци о цитираности радова све више тражити и из Google Scholar, а не само из база **Web of Science** или **Scopus**. Поређење особина ове три цитатне базе детаљно је обрађено у раду Питера Џекса из новембра 2005, а оваква истраживања раде се и даље.<sup>61</sup>

Миланковић и његова теорија присутни су данас и у штампаним и у електронским информационим изворима и део су научних сазнања човечанства. То је посебно јасно видљиво из пописа књига, међу којима су и тестови за полагање испита и стручне енциклопедије, лексикони, уџбеници и научне монографије из различитих научних области.

## **Закључак**

Иако Милутин Миланковић није по броју цитата у Web of Science најцитиранији научник из Србије, он је свакако научник чије дело има максималну светску рецепцију, вероватно највећу од свих научника који су икада живели и радили у Србији. На то јасно указује број научних радова из најутицајнијих светских часописа у којима се његово име и теорија налазе у наслову или апстракт, као и висока цитираност тих радова и висок импакт фактор часописа у којима су објављени. Астрономска теорија климатских промена представља полазну основу савременог моделирања климе, чије промене су све више предмет пажње.

Из свега наведеног очито је да су Милутин Миланковић и његова теорија постали неодвојиви део научне баштине човечанства, прешавши у потпуности границе и научне средине и границе научне дисциплине у оквиру којих је стварао. Можемо закључити да и наукометријска истраживања потврђују његово изузетно место у светској науци. Миланковић је дефинитивно постигао свој животни циљ и изградио своје вечито и неприкосновено “духовно имање”<sup>62</sup>.

### *Белешка о писцу*

*Др Стела Филипи-Матутиновић, информатор саветник, директор је Универзитетске библиотеке «Светозар Марковић». Бави се наукометријским истраживањима., у оквиру којих је анализирао и дело Милутина Миланковића. Аутор је изложбе «Милутин Миланковић – великан светске науке са Београдског универзитета».*

## Литература

- <sup>1</sup> Инђић, Милица. Библиографија Милутина Миланковића. Београд, САНУ, 1994. (Библиографије / САНУ; књ. 2. Одељење језика и књижевности ; књ. 2)
- <sup>2</sup> Filipi-Matutinović Stela. Mreža nauke i njen odraz u publikacijama. *Bibliotekar*, 49, 2007, 3-4, str. 411-428
- <sup>3</sup> Dimitrijević M. S. Milutin Milanković in Science Citation Index 1946 – 1996, *Bull. Astron. Belgrade*, 156 (1997), 205 – 241
- <sup>4</sup> Milić V. *Sociologija saznanja*. Sarajevo, Veselin Masleša, 1986
- <sup>5</sup> Bernal. J.D. *Social function of science*. London, Routledge, 1939
- <sup>6</sup> Price D. De Solla. *Science synce Babylon*. New Haven, Yale University Press, 1962
- <sup>7</sup> Налимов В.В., Мульченко З.М. *Наукометрия*. Москва, Наука, 1969
- <sup>8</sup> Kuhn T.S. *The structure of scientific revolutions*. Chicago, University of Illinois Press, 1962
- <sup>9</sup> Яблонский А.И. *Математические модели в исследовании науки*. Москва, Наука, 1986
- <sup>10</sup> Yablonsky A.I. Stable non-gaussian distributions in scientometrics, *Scientometrics*, 7, 1985, 3-6, pp. 459-470
- <sup>11</sup> Николис Г., Пригожин И. *Самоорганизация в неравновесных системах*. Москва, Наука, 1979
- <sup>12</sup> Price D. De Solla. *Little science, big science*. New York, Columbia University Press, 1963
- <sup>13</sup> Sarić, M.R. Značaj vrednovanja naučnog rada za dalji razvoj nauke // *Vrednovanje naučnog rada*, Београд: Српска академија наука и уметности, 1997, str. 7-30
- <sup>14</sup> Steele C., Butler L., Kingsley D. The publishing imperative: the pervasive influence of publication metrics, *Learned Publishing*, Volume 19, Number 4, October 2006, pp. 277-290, доступно на: <http://eprints.anu.edu.au/archive/00003523/>
- <sup>15</sup> The use of bibliometrics to measure research quality in UK higher education institutions. Research report Universities UK, 2007, <http://www.universitiesuk.ac.uk/Publications/Pages/Publication-275.aspx>
- <sup>16</sup> Sangam S.L. et al. Scientometric portrait of Prof. Peter John Wyllie, *Scientometrics*, 2006, 66, 1, pp. 43-53
- <sup>17</sup> Šipka Pero. Eysenckov doprinos, meren bibliometrijski. *Psihologija*, vol. 31, br. 3, str. 271-286, 1998

- <sup>18</sup> Prichard A. Statistical bibliography or bibliometrics? J. Doc., 25, 1969, 4, pp. 384-389
- <sup>19</sup> Jokić M. Bibliometrijski aspekti vrednovanja znanstvenog rada. Zagreb, Sveučilišna knjižara, 2005
- <sup>20</sup> Lotka A. The frequency distribution of scientific productivity, J Wash Acad Sci, 1926, 16, 12, pp. 317-323
- <sup>21</sup> Filipi-Matutinović S. Proučavanje razvoja fitoekologije i fitogeografije u južnoslovenskim zemljama: bibliometrijska studija. Doktorska disertacija. Beograd, Biološki fakultet, 1993
- <sup>22</sup> Bradford S.C. On scattering of papers on scientific subjects in scientific periodicals. Engineering, 1934, 137, pp. 85-86
- <sup>23</sup> Chen J.S., Leimkuhler F. A relationship between Lotka's law, Bradford's law and Zipf's law. – JASIS, 37, 1986, 5, pp. 307-314
- <sup>24</sup> Adamic L. Zipf, Power-laws, and Pareto - a ranking tutorial. доступно на: <http://www.hpl.hp.com/research/idl/papers/ranking/ranking.html>
- <sup>25</sup> Avramović B, Klajn I, Đurašević B, Milonjić S. K. Citiranost radova doktora nauka Instituta za nuklearne nauke 'Vinča' prema bazi Science Citation Index (SCI) - opšta analiza citiranosti, Infoteka, vol. 6, br. 3, str. 163-176, 2005
- <sup>26</sup> Filipi-Matutinović S. Vrednovanje naučnog rada sa aspekta citiranosti u literaturi i primena Science Citation Index-a. Glasnik instituta za botaniku i Botaničke bašte Univerziteta u Beogradu, XXIII, 1989, str. 107-119
- <sup>27</sup> Filipi-Matutinović S. Bibliometrijska studija razvoja fitoekologije i fitogeografije u jugoslovenskim zemljama do 1988. - Ekologija, 31, 1-2, (1996), str. 77-109
- <sup>28</sup> Филипи-Матутиновић С. *Истраживања из области фитоекологије и фитогеографије у Србији до 1914 : библиометријски приступ*. У: Зборник радова Научног скупа Природне и математичке науке у Срба до 1918, Нови Сад, 20-21. јун 2005. Нови Сад, Српска академија наука и уметности, Природно-математички факултет, Матица српска, 2007, стр. 125-133
- <sup>29</sup> Avramović, B. Citiranost radova 1000 doktora nauka Vojvodine u periodu 1975-1987. godine u indeksima naučnih citata. Informatologia Yugoslavica, 1991, 22, br. 1-2, str. 63-65
- <sup>30</sup> Filipi-Matutinović, S. Citatna analiza doktorskih disertacija iz biologije odbranjenih na beogradskom univerzitetu 1976-1978. godine, njihov odjek u svetskoj literaturi i periodika korišćenja u njima. Informatika, 1985, 19, 2, str. 85-95
- <sup>31</sup> Brkić S. Biomedicinska literatura publikovana u Vojvodini i njen uticaj na istraživače u Jugoslaviji i svetu, Medicinski pregled, 2001, vol. 54, br. 1-2, str. 21-33
- <sup>32</sup> Zuckerman, H. Citation analysis and the complex problem of intellectual influence. Scientomet-

rics, 12 1987, (5-6), 329-38

<sup>33</sup> Vinkler, P. An attempt of surveying and classifying bibliometric indicators for scientific purposes. *Scientometrics*, vol. 13, 1988, 5-6, 239-259

<sup>34</sup> Bollen Johan, Van de Sompel Herbert,. Smith Joan A, Luce Rick. Toward alternative metrics of journal impact: A comparison of download and citation data, *Information Processing & Management* Volume 41, 2005, 6, 1419-1440

<sup>35</sup> Barabasi A.L. *Linked: the new science of networks*. Cambridge : Perseus publishing, 2002

<sup>36</sup> Arbutina B. Citiranost časopisa Serbian astronomical journal i poređenje sa drugim časopisima iz oblasti astronomije i astrofizike, *Serbian Astronomical Journal*, br. 174, str. 91-94, 2007

<sup>37</sup> Dimitrijević, Milan S. *Srpski astronomi u indeksu naučnih citata u XX veku*. Beograd: Zadužbina Andrejević, 2005. (Biblioteka „Inspiratio“ knj. 2)

<sup>38</sup> Dimitrijević, M.S. Milutin Milanković (1879-1958) and his contribution to European astronomy, - *Astronomische Nachrichten*, vol 323, no 6, 2002, 570-573

<sup>39</sup> Dimitrijević M. Milutin Milanković i astronomija. *Publ. Astron. Obs. Belgrade*, 2000, 67, 39-49

<sup>40</sup> Filipi-Matutinović Stela. Milutin Milanković: velikan svetske nauke sa Beogradskog univerziteta : katalog izložbe / (autor izložbe i kataloga Stela Filipi-Matutinović; autor uvodnog teksta i stručni konsultant Aleksandar Petrović). Beograd, Univerzitetska biblioteka „Svetozar Marković“, 2006

<sup>41</sup> Милутин Миланковић: великан светске науке са Београдског универзитета. Доступно на: [http://www.unilib.bg.ac.rs/o\\_nama/izlozbe/milankovic\\_virtuelna/index.php](http://www.unilib.bg.ac.rs/o_nama/izlozbe/milankovic_virtuelna/index.php)

<sup>42</sup> Филипи-Матутиновић Стела. Библиографија радова о Милутину Миланковићу. – У: *Астрономска теорија климатских промена и друге расправе / Милутин Миланковић ; приређивач и редактор Александар Петровић*. Београд, Завод за уџбенике, 2008 (Изабрана дела / Милутин Миланковић ; књ. 8), стр. 531-600

<sup>43</sup> Filipi-Matutinović Stela. Citatna analiza za pet srpskih autora prema Web of Science, Scopus i Google Scholar = Citation analysis for five Serbian authors in Web of Science, Scopus and Google Scholar. *Infoteka*, 8, 2007, 1-2, 25-35

<sup>44</sup> Filipi-Matutinović S. Bibliometrijski pogled na delo Milutina Milankovića. *Naučno-stručni skup SNTPI*, 09, Beograd, 19.06.2009.

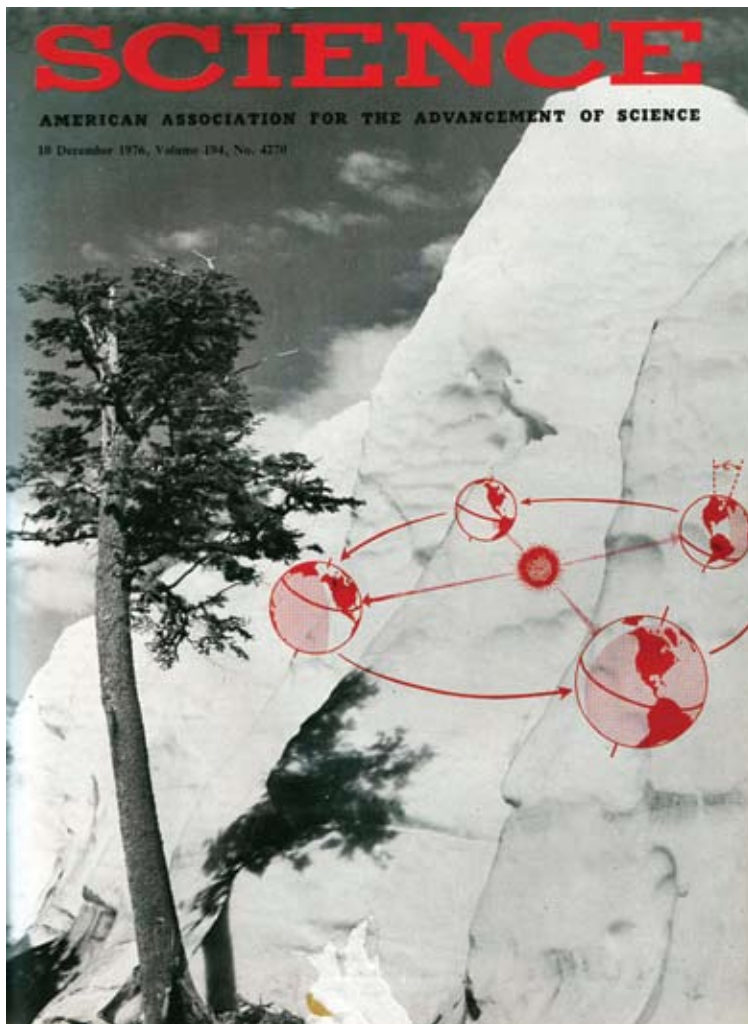
<sup>45</sup> Jardetzky W. Investigations of Milankovitch and Quarternary curve of effective solar radiation. *Annals of the New York Academy of Science*, 1961, 95. 118-123

<sup>46</sup> Keter Publishing House, *Encyclopaedia Judaica*. [http://www.jewishvirtuallibrary.org/jsource/judaica/ejud\\_0002\\_0012\\_0\\_11071.html](http://www.jewishvirtuallibrary.org/jsource/judaica/ejud_0002_0012_0_11071.html)

- <sup>47</sup> Garfield, Eugene. Citation indexes in Science: a new dimension in documentation through association of ideas. *Science*, 122, 1955, 3159, pp. 108-111
- <sup>48</sup> Gargield E. The Mystery of the Transposed Journal Lists -- Wherein Bradford's Law of Scattering is Generalized According to Garfield's Law of Concentration. *Essays of an information scientist, Current Comments*, vol. 1, 1962/1973, p. 222-223, <http://www.garfield.library.upenn.edu/essays/V1p222y1962-73.pdf>
- <sup>49</sup> Garfield, E. The History and Meaning of the Journal Impact Factor. *Journal of the American Medical Association (JAMA)*, 2006, 293, 90-93, <http://garfield.library.upenn.edu/papers/jifchicago2005.pdf>
- <sup>50</sup> Moed, H. F. *Citation analysis in research evaluation*. Dordrecht, Springer, 2005
- <sup>51</sup> Meho . L.I.. The Rise and Rise of Citation Analysis, *Physics World*, January 2007, <http://www.slis.indiana.edu/media/paper/PWJan07meho.pdf> , <http://arxiv.org/ftp/physics/papers/0701/0701012.pdf>
- <sup>52</sup> Jacso, Peter. As we may search / comparison of major features of the Web of Science, Scopus and Google Scholar citation-based and citation/enhanced databases, *Current Science*, 2005, vol. 89, 9, pp. 1537-1547
- <sup>53</sup> Garfield, Eugene. The agony and the ecstasy / the history and meaning of journal impact factor. *International congress on peer review and biomedical publication, Chicago, September 16, 2005* <http://www.garfield.library.upenn.edu/papers/jifchicago2005.pdf>
- <sup>54</sup> Merton R.K. *On the shoulders of giants: a Shandean postscript*. New York, Free Press, 1965
- <sup>55</sup> Hays, J. D., Imbrie, J., Shackleton, N.J. Variations in Earths orbit peacemaker of ice ages. *Science*, 1976,194, 1121.
- <sup>56</sup> Marx W., Bornmann L. How accurately does Thomas Kuhn`s model of paradigm change describe the transition from the static view of the universe to the big bang thory in cosmology? A historical reconstruction and citation analysis. *Scientometrics*, November 2007, DOI 10.1007/s11192/009/0107/x
- <sup>57</sup> Friedmann A. Ueber die Kruemmung des Raumes. *Zeitschrift fuer Physik*, 1922, 10, 377-386
- <sup>58</sup> Hubble E. Extra-galactic nebulae. *Astrophysical journal*, 1926, 64, 321-369
- <sup>59</sup> Penzias A.A., Wilson R.W. A measurement of excess antenna temperature at 4080MC/S. *Astrophysical journal*, 1965, 142, 1, 419
- <sup>60</sup> Filipi-Matutinović S, Popović A, Antonić S. Scopus database as a source for bibliometric information. – *Archive of Oncology*, 2006, 14, Suppl. 1, 93-94

<sup>61</sup> Bar-Ilan, J., Levene, M., Lim, A. Some measures for comparing citation databases, *Journal of Informetrics*, Vol. 1, 2007, 1, pp.26-34.

<sup>62</sup> Миланковић М. Успомене, доживљаји, сазнања. Београд, Завод за уџбенике и наставна средства, 1997 (Изабрана дела / Милутин Миланковић ; књ. 7)





Schema sphericum secundum Hyginij descriptionem.

Polus arcticus



Polus antarcticus

## **Изложене публикације из фонда Универзитетске библиотеке „Светозар Марковић“**

Поводом године астрономије и 130. годишњице рођења Милутина Миланковића, у Универзитетској библиотеци „Светозар Марковић“ приређена је изложба на којој су приказани ретки рукописи и књиге из области астрономије, дела Милутина Миланковића из ове области и дела о њему, избор публикација из историје астрономије и атласи неба из фонда библиотеке, са жељом да се шира јавност упозна са благом које се у библиотеци чува.

### **Ретке књиге из астрономије**

#### **Оријентални рукописи**

’AHMAD Hawāğā ’Ishāq Efendî

ar-Risāla / Ahmad Hawāğā ’Ishāq Efendî. - Осман. аутограф. - [Б. м. : б. и.], крај џумадалахара 1102. а.х. (март 1691. н. е.). - 12 листова (99 б – 110 б) (181); 21 x 16 cm, 14 x 7 cm

Студија из области астрономије. - Дело је записао аутор. - 19 редова на једној страни; картонске корице превучене кожом, повез се распао, рукопис је ушивен; црно мастило, поједине ознаке у тексту црвеном бојом; дијаграми на странама 105 б и 108 б црном и црвеном бојом.

Рсо 79/4

[Трактат из области астрономије]

Осман. препис?. - [Б. м. : б. и.], мухарам 1130. а.х. (децембар 1717. н.е.). - 26 листова (111 б – 136 б) (181); 21 x 16 cm; 16 x 8 cm

27 редова на једној страни. - Картонске корице превучене кожом, повез се распао, рукопис је ушивен; црно мастило, поједини термини и ознаке у тексту црвеном бојом; белешке на маргинама црном и црвеном бојом; табеле и дијаграми црном и црвеном бојом.

Рсо 79/5

AL-ĞAZARÎ, Haydar ’ibn as-Sayyid ’adb ar-Rahmân al-Husaynî

’Ilm al-’asturlâb / Haydar ’ibn as-Sayyid ’adb ar-Rahmân al-Husaynî al-Ğazarî. - Арап. препис. - [Б. м. : б. и.], субота, 11. мухарам 1150. а.х. (1. V 1737. н. е.). - 18 листова (79 б – 96 б) (181); 21 x 16 cm; 14 x 8 cm (текст)

Студија о астролабу, астрономија. - Преписивач: ’Umar ’ibn Husayn ’ibn ’abi Bakr. - 19 редова на једној страни; картонске корице превучене кожом, повез се распао, рукопис је ушивен; несхи, црно мастило.

Рсо 79/3

AL-HAMĪDĪ, Muhammad 'ibn Šayh 'Alī

Šarh bahğati l-'albāb fī 'ilm al-'asturlāb / Muhammad 'ibn Šayh 'Alī al-Hamīdī. - Aрап. аутограф. - 'Islāmbūl = Истанбул : медреса султана Мустафе, у среду, ноћу, 1. шабан 1178. а.н. (24. I 1765. н. е. - 60 листова (24 б - 83 а) (170); 21 x 15 cm, 15 x 9 cm

Астрономија. - 19 редова; картонске корице појачане кожом преко рубова, хрпта и преклопа; платнени повез; несхи, црни туш, ознаке у тексту црном бојом, поједини термини црвеном бојом; белешке на маргинама црном бојом; граф. прикази: 51 б, 79 а, 79 б.

Рсо 115/2

RISĀLE-I rub'

Осман. оригинал. - [Б. м. : б. и.], 1183. а.н. (п. 7. V 1769.н.е.). - 38 листова; 20 x 15 cm, 12 x 6 cm

Астрономија. - 15 редова; паприне корице, повез папирни; црно мастило, поједини термини написани црвеном бојом; белешке на маргинама црном и црвеном бојом; текст рукописа је уоквирен црвеним рамом, почетак рукописа на листу 2а посебно украшен - једнобојним, црвеним орнаментом. - Цртеж небеског свода с најважнијим тачкама на листу 19 б у црној и црвеној боји.

Рсо 18

## Штампане књиге

HYGINUS, Caius Iulius

Clarissimi viri Hyginii Poeticon astronomicon : opus utilissimum foeliciter incipit. - Venetiis : p[er] Thomam de Blavis de Alexandria, 1488. - [56] listova : ilustr. ; 21 cm

Beleške o sadržaju knjige na marginama.

Р<sub>1</sub> 573

PETRUS Apianus, 1494-1552

Cosmographia Petri Apiani / per Gemmam Frisium ab omnibus vindicata mendis, ac nonnullis quoque locis aucta. - Væneunt Antuerpiæ : Gregorio Bontio, 1550. - 65 listova : ilustr. ; 24 cm

Sadrži i: Usus Annuli Astronomici / Gemma Frisio mathematico autore. - Knjiga je defektna, nedostaje naslovna strana.

ПБ<sub>2</sub> 852

PEURBACH, Georg von , 1423-1461

Theoricæ novæ planetarum / Georgii Purbachii Germani ; ab Erasmo Reinhol pluribus figuris auctæ, & illustratæ scholiis, quibus studiosi præparentur, ac inuitentur ad lectionem ipsius Ptolomæi. - Parisiis : C. Perier, 1558. - [14], 176 str., [2] presavijena lista s tablama : graf. prikazi ; 17 cm

Privezano uz: Euclidis Elementorum. Lib. 15

Р<sub>1</sub> 331/2

NALJEŠKOVIĆ, Nikola, početak XVI v. - 1587

Dialogo sopra la sfera del mondo / di Nicolò di Nale. - In Venetia : appresso Francesco Ziletti, 1579. - 133 str. ; 21 cm + 2 priloga

Р<sub>1</sub> 907

GUČETIĆ, Nikola Vitov, 1549-1610

Discorsi di M. Nicolo Vito... sopra le Metheore d'Aristotele, ridotti indialogo & divisi in quattro giornate. - Venetia : Francesco Ziletti, 1584. - [12], 147 str. ; 20 cm  
P<sub>1</sub> 383

GUIGUES, Marc-Antoine (Abbé)

La sfera geografico-celeste / di Marc' Antonio Guigues, ecclesiastico francese ... - In Roma : per Gio. Giacomo Komarek Boemo, 1700. - [24], 353, [18] str., [1] list s tablom : ilustr. ; 22 cm  
Registar.  
ПБ<sub>2</sub> 600

BOŠKOVIĆ, Josip Ruđer, 1711-1787

A.M.D.G. de cometis disseratatio habita a P.P.Soc.Jesu. In Collegio Romano : anno 1746 mense septembri die 5 / [Ruđer Bošković]. - Romae : Ex typographia Komarek in via Cursus, 1746. - XXXIX str. ; 22 cm + 1 prilog.  
Podatak o autoru nađen u Vogel-u knj. 1, str. 1833.  
M<sub>7</sub> 23

BOŠKOVIĆ, Ruđer Josip, 1711-1787

De Inaequalitatibus quas Saturnus et Jupiter sibi mutuo videntur inducere praesertim circa tempus conjunctionis : opusculum ad Parisiensem academiam transmissum / auctore Rogerio Josepho Boscovich. - 1. ed. - Romae : Ex Typographia Generosi Salomoni, 1756. - 187 str., [4] tab. : graf. prikazi ; 20 cm  
P<sub>1</sub> 581

ORFELIN, Zaharija

Вечный то есть от начала да конца міра траюштіи Календарь, содержащій въ себе Святцесловъ и краткая, обаче достаточная, по Восточныя Ц(е)ркве исчисленію, о кругахъ годовыхъ, о неисходимои Пасхалии, и прочихъ принадлежашты|x| вештеи изясненія; къ тому фйзическая о телахъ міра, и о водяныхъ и воздушныхъ приключеніяхъ разсужденія; съ прибавленіемъ с(вя)штенныя и светскія Хронологіи достопамятныхъ лицъ и приключеніи и проч. ныне первее на славенскомъ языке въ ползу славеносербскихъ народовъ : Съ фігурами / написанъ Захаріемъ Орфеліномъ Цес. Крал. Віенскія Академіи художествъ членомъ. - [1. изд., 1. варијанта]. - Въ ... Віенне : При Іосифе бл(а)городномъ от Курцбекъ Іллиріческомъ Восточномъ Дворномъ Типографе, 1783. - [2], 366 стр., [9] листова с таблом ; 21 см.  
P 1519

BOŠKOVIĆ, Ruđer Josip, 1711-1787

Rogerii Josephi Boscovich Opera pertinentia ad optica et astronomiam : in quinque tomos distributa. - Bassani [etc.] : Ramondini, 1785. - knj. ; 27 cm  
Grasse, t. 1, str. 500. - Na spor. nasl. str.: Nouveaux ouvrages de monsieur l'abbé Boscovich appartenants principalement à l'optique et à l'astronomie.  
Dosadašnji sadržaj:  
T. 1. - XXXVI, 340 str., [11] str. s tablama  
T. 2. - VIII, 549 str., [10] str. s tablama  
T. 3. - VIII, 529 str., [15] str. s tablama  
T. 5. - VIII, 489 str., [10] str. s tablama.  
P<sub>1</sub> 327/1-3,5

SCHRÖTER, Johann Hieronymus, 1745-1816

Selenotopographische Fragmente zur genauern Kenntniss der Mondfläche, ihrer ertlittenen Veränderung und Atmosphäre, sammt den gehörigen Specialcharten und Zeichnungen / von Johann Hieronymus Schroeter. - Göttingen : Carl Gottfr. Fleckeisen, 1791. - 676 str. : graf. prikazi ; 26 cm

P<sub>1</sub> 21

STOJKOVIĆ, Atanasije

Атанасија Стојковича ... Фисиџа : простымъ языкомъ списана за родъ Славенно-Сербскій. Часть 1. - Въ Будиме : Писмены Кралевскаго Университета, 1801. - [48], 320 стр., [1] пресавијен лист с таблом : граф. прикази ; 20 cm

Новаковић 227; Кириловић 205; КНБС 2610; Панковић 289. – Списак пренумераната.

P 265/1

HERSCHEL, John Frederic William

A preliminary discours on the Study of natural philosophy / by J. F. W. Herschel. - London : Longman, 1831. - VIII, 372 str. ; 18 cm. - (Dr. Lardner' s cabinet cyclopaedia. Natural philosophy)

Ф<sub>5</sub> 16

HUMBOLDT, Alexander von

Cosmos : a sketch of a physical description of the Universe / Alexander von Humboldt ; translated from the German by E.C. Otté. - London : H.O. Bohn, 1849-1852. - 4 knj. : ilustr. ; 19 cm

ПБ<sub>19</sub> 45/1-4

PROCTOR, Richard A., 1837-1888

Saturn and its system : containing discussions of the motions (real and apparent) and telescopic appearance of the planet Saturn, its satellites, and rings, the nature of the rings, the 'great inequality' of Saturn and Jupiter, and the habitability of Saturn : to which are appended notes on Chaldaean astronomy, Laplace's nebular theory, and the habitability of the Moon, a series of tables with explanatory notes, and explanations of astronomical terms : illustrated by fourteen engravings in steel and copper / by Richard A. Proctor. - London : Longman, Roberts, & Green, 1865. - XVI, 252, 24 str., [14] listova s tablama : ilustr. ; 23 cm

Napomene i bibliografske reference uz tekst. - Nalepnica na unutrašnjoj strani korica: «From the library of the late Sidney Waters, F. R. A. S. Presented by Mrs. Sidney Waters. 1897 January.» . - Pečat: "R. Astrom. Soc."

M<sub>5</sub> 37

PROCTOR, Richard A., 1837-1888

The handbook of the stars : containing the places of 1500 stars, from the first to the fifth magnitude inclusive, upwards of 200 of which are noted as double, multiple, or variable, a list of star-names, a table for determining the position of the constellations on the celestial concave at all hours and seasons, and other useful tables : with an examination of the properties of the projections used in mapping, and hints on the selection, use, and construction of star-maps : illustrated by maps and diagrams / by Richard A. Proctor. - London : Longmans, Green, and Co., 1866. - XV, 91, 32 str., [4] lista s tablama, [2] savijena lista : ilustr. ; 19 cm

Napomene uz tekst. - Nalepnica na unutrašnjoj strani korica: "Presented by THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY to war-damaged libraries and distributed by THE INTER-ALLIED BOOK CENTER / London, England / 1945 December". - Potpis vlasnika A. Williams-a iz maja 1880 godine.

M<sub>5</sub> 156

JANH, Gustav Adolph, 1804-1857

Katechismus der Astronomie : Belehrungen über den gestirnten Himmel, die Erde und den Kalender : mit einer Sternkarte und 63 Abbildungen / von Gustav Adolph Jahn. - 4. verbesserte und sehr vermehrte Aufl. / bearbeitet von Adolph Drechsler. - Leipzig : J. J. Weber, 1869. - VIII, 191, 8 str., [1] list s tablom : ilustr. ; 18 cm

Štampano goticom. - Registar. - Pečat na koricama i na stranici sa sadržajem: "Biblioteka Jovana M. Žujovića". - Na koricama i potpis Jovana Žujovića.

M<sub>4</sub> 109

PROCTOR, Richard A., 1837-1888

Essays on astronomy : a series of papers on planets and meteors, the sun and sun-surrounding space, stars and star cloudlets, and a dissertation on the approaching transits of Venus : preceded by a sketch of the life and work of Sir John Herschel : with ten plates and twenty-four drawings on wood / by Richard A. Proctor. - London : Longmans, Green, and Co., 1872. - XIV, 401, [2], 24 str., [2] lista s tablama, [7] savijenih listova : ilustr. ; 23 cm

Napomene uz tekst.

M<sub>5</sub> 23

TODHUNTER, Isaac, 1820-1884

A history of the mathematical theories of attraction and the figure of the earth : from the time of Newton to that of Laplace : in two volumes / By I. Todhunter. - London : Macmillan and Co., 1873. - 2 knj.(XXXVI, 476; 508 str.) ; 23 cm

Poklon Mihajla Pupina Univerzitetskoj biblioteci.

ПБ<sub>24</sub> 6

ERATOSTENES

Eratosthenis catasterismorum reliquiae / recensuit Carolus Robert. - Accedunt prolegomena et epimetratria. - Berolini : Weidmannos, 1878. - 8, 254 str. ; 26 cm

M<sub>7</sub> 1

NEWTON, Isaac, 1642-1727

Newton's Principia, first book, sections I., II., III. : with notes and illustrations : and a collection of problems / by Percival Frost. - 4th ed. - London : Macmillan and co., 1883. - XIV, 292 str. : ilustr. ; 23 cm

Prevod dela: Principia. Liber I. - Na prelim. str. zapisano: M. Pupin Cambridge March 85. - sa mnogo beležaka na marginama.

Poklon Mihajla Pupina Univerzitetskoj biblioteci.

ПБ<sub>24</sub> 34

GALILEI, Galileo

I dialoghi sui massimi sistemi Tolemaico e Copernicano : con prefazione. Vol. 1 / de Galileo Galilei. - 2a ed. stereotipa. - Milano : Edoardo Sonzogno, 1883. - 408 str. : graf. prikazi ; 18 cm. - (Biblioteca classica economica; no 47)

K<sub>6</sub> 119

PROCTOR, Richard A., 1837-1888

Old and new astronomy : with numerous plates and woodcuts / by Richard A. Proctor ; completed by A. Cowper Ranyard. - London : Longman, Green, and Co., 1892. - VIII, 816 str., XXXI list s tablama : ilustr. ; 30 cm

Napomene i bibliografske reference uz tekst. - Registar. - Pečat: "R. Astrom. Soc."

M<sub>5</sub> 22

ARATOS

Commentariorum in Aratum reliquia / Collegit recensuit prolegomenis indicibusque instruxit Ernestus Maass. - Berolini : Weidmannos, 1898. - LXX, 2, 749, str., [2] str. s tablama; 23 cm

M<sub>7</sub> 2

NEWTON, Isaac

Isaac Newton's Philosophiae naturalis principia mathematica / assembled and edited by Alexandre Koyré and I. Bernard Cohen ; with the assistance of Anne Whitman. - 3rd ed., with variant readings. - Cambridge, Mass. : Harvard University Press, 1972. - 2 knj. (XL, 547 str. ; str. 549-916.) : graf. prikazi ; 29 cm

Fototipsko izd.: Londini, 1726.

III 3103

## Дела Милутина Миланковића

MILANKOVIĆ, Milutin

Канон осунчавања земље и његова примена на проблем ледених доба / Милутин Миланковић ; редактори Вељко Вујичић, Милан Димитријевић. - 1. изд. - Београд : Завод за уџбенике и наставна средства, 1997. - 2 књ. (369; 325 стр.) : граф. прикази ; 24 cm.

- (Изабрана дела ; књ. 1, 2)

Стр. 7-24: О космичкој будућности / Никола Пантић, Александар Петровић.

II 66696

MILANKOVIĆ, Milutin

Небеска механика; Историја астрономске науке / Милутин Миланковић ; редактор Милан С. Димитријевић. - 1. изд. - Београд : Завод за уџбенике и наставна средства, 1997. - 461 стр. : граф. прикази ; 24 cm. - (Изабрана дела Милутина Миланковића ; књ. 3)

II 66696/3



MILANKOVIĆ, Milutin

Кроз васиону и векове ; Кроз царство наука / Милутин Миланковић ; редактори Никола Пантић, Александар Петровић. - Београд : Завод за уџбенике и наставна средства, 1997. - 491 стр. : граф. прикази ; 24 см. - (Изабрана дела / Милутин Миланковић ; књ. 4)  
Стр. 7-15: Предговор / Александар Петровић, Никола Пантић.  
II 66696/4

MILANKOVIĆ, Milutin

Списи из историје науке / Милутин Миланковић ; редактори Никола Пантић, Александар Петровић. - 1. изд. - Београд : Завод за уџбенике наставна средства, 1997. - 552 стр. ; 24 см. - (Изабрана дела / Милутин Миланковић ; књ. 5)  
Стр. 7-12: Предговор / Александар Петровић. - Резиме на нем. језику. - Садржи и: Библиотека академика Милутина Миланковића : каталог / Олгица Момчиловић.  
II 66696/5

MILANKOVIĆ, Milutin

Чланци, говори, преписка / Милутин Миланковић ; редактор Драгољуб Стефановић. - 1. изд. - Београд : Завод за уџбенике и наставна средства, 1997. - 660 стр. : илустр. ; 24 см. - (Изабрана дела / Милутин Миланковић ; књ. 6)  
Стр. 7-20: Предговор / Драгољуб Стефановић.  
II 66696/6

MILANKOVIĆ, Milutin

Успомене, доживљаји и сазнања / Милутин Миланковић ; редактор Слободан Рибникар. - 1. изд. - Београд : Завод за уџбенике и наставна средства, 1997. - 934 стр. ; 24 см. - (Изабрана дела / Милутин Миланковић ; књ. 7)  
Стр. 7-13: Предговор / Слободан Рибникар.  
II 66696/7

MILANKOVIĆ, Milutin

Астрономска теорија климатских промена и друге расправе / Милутин Миланковић ; приређивач и редактор Александар Петровић. - 1. изд. - Београд : Завод за уџбенике, 2008. - 614 стр. : граф. прикази ; 24 см. - (Изабрана дела / Милутин Миланковић ; књ. 8)  
Изв. ств. насл.: Astronomische Theorie der Klimaschwankungen. - Стр. 7-24: Канон хелиоцентричне културе / Александар Петровић. - Стр. 601-607: Реч на крају о почетку и овом избору / Александар Петровић. - Напомене и библиографске референце уз текст. - Стр. 533-600: Библиографија радова о Милутину Миланковићу / Стела Филипи Матутиновић.  
II 66696/8

## Радови из астрономије

MILANKOVIĆ, Milutin

О распореду сунчеве радијације на површини земље / М. Миланковић. - Београд : [б. и.], 1913. - Стр. 101-179 : граф. прикази ; 23 см  
Библиографија: стр. 171-177. - П. о.: Глас Српске краљевске академије ; књ. 91, 1913.  
М 38

MILANKOVIĆ, Milutin

Über ein Problem der Wärmeleitung und dessen Anwendung auf die Theorie des solaren Klimas / von M. Milankovitch. - Leipzig : B. G. Teubner, 1913. - Str. 64-77 ; 25 cm  
P. o.: Zeitschrift für Mathematik und Physik ; Bd. 62, H. 1, 1913.  
BM<sub>4</sub> 56

MILANKOVIĆ, Milutin

O primjeni matematičke teorije sprovođenja toplote na probleme kosmičke fizike / napisao Milutin Milanković. - Zagreb : [s. n. ], 1913. - Str. 109-131 ; 24 cm  
P. o.: Rad Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti ; knj. 200, 1913.  
M 51

MILANKOVIĆ, Milutin

O pitanju astronomskih teorija ledenih doba / napisao Milutin Milanković. - Zagreb : [s. n. ], 1914. - Str. 141-150 ; 24 cm  
P. o.: Rad Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti ; knj. 204, 1914.  
BM 53

MILANKOVIĆ, Milutin

Über die Verringerung der Wärmeabgabe durch die Marsatmosphäre / von M. Milankovitch. - Leipzig : Johann Ambrosius Barth, [s. a. ]. - Str. 465-476 ; 22 cm  
P. o.: Annalen der Physik ; F. 4, Bd. 44, 1914.  
BM<sub>4</sub> 68

MILANKOVIĆ, Milutin

Zur Theorie der Strahlenabsorption in der Atmosphäre / von M. Milankovitch. - Leipzig : Johann Ambrosius Barth, [s. a. ]. - Str. 623-638 ; 23 cm  
P. o.: Annalen der Physik ; F. 4, Bd. 43, 1914.  
BΦ<sub>4</sub> 14

MILANKOVIĆ, Milutin

O primjeni matematičke teorije sprovođenja toplote na probleme kosmičke fizike / napisao M. Milanović = Über die Anwendung der mathematischen Theorie der Wärmeleitung auf Probleme der kosmischen Physik / von M. Milankovitch. - Zagreb : Knjižara Jugoslavenske akademije "Đuro Trpinac", 1914. - Str. 82-86 ; 24 cm. - (Izvjешća o raspravama matematičko-prirodoslovnoga razreda / JAZU, Zagreb ; sv. 1, 1914)  
P. o.: Rad / JAZU ; knj. 200, 1913.  
BM<sub>4</sub> 70

MILANKOVIĆ, Milutin

O pitanju astronomskih teorija ledenih doba / napisao M. Milanković = Frage der astronomischen Theorien der Eiszeiten / von M. Milanković. - Zagreb : Knjižara Jugoslavenske akademije "Đuro Trpinac", 1915. - Str. 115-124 ; 24 cm. - (Izvjешća o raspravama matematičko-prirodoslovnoga razreda / JAZU, Zagreb ; sv. 3, 1915)  
P. o.: Rad / JAZU ; knj. 204, 1914.  
BΦ<sub>4</sub> 42

MILANKOVIĆ, Milutin

Ispitivanja o klimi planete Marsa / napisao Milutin Milanković. - Zagreb : [s. n.], 1916. - Str. 64-96 ; 24 cm  
P. o.: Rad Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti ; knj. 213, 1916.  
BM 27

MILANKOVIĆ, Milutin

Ispitivanje o klimi planeta Marsa / napisao M. Milanković = Untersuchungen über das Klima des Planeten Mars / von M. Milanković. - Zagreb : Knjižara Jugoslavenske akademije L. Hartmana, 1916-7. - Str. 19-33 ; 24 cm. - (Izvešća o raspravama matematičko-prirodoslovnoga razreda / JAZU, Zagreb ; sv. 6 i 7., 1916-7)  
P. o.: Rad / JAZU ; knj. 213, 1916.  
БФ<sub>4</sub> 41

MILANKOVIĆ, Milutin

Theorie mathematique des phenomenes thermiques produits par la radiation solaire / par M. Milankovitch. - Paris : Gauthier-Villars et Cie, 1920. - XVI, 334 str. : graf. prikazi ; 24 cm  
Na vrhu nasl. str.: Academie yougoslave des sciences et des arts de Zagreb, Ministere de l'instruction publique dy Royaume des Serbes, Croates et Slovenes.  
ПЧ V /13

MILANKOVIĆ, Milutin

Аномални стадиуми планетских атмосфера / од М. Миланковића. - [Б. м. : б. и.], 1922. - 4 стр. ; 24 cm  
П. о.: Споменица педесетогодишњице професорског рада С. М. Лозанића, 1922.  
BM 51

MILANKOVIĆ, Milutin

Реформа Јулијанског календара / од Милутина Миланковића. - Београд : Српска краљевска академија наука и уметности, 1923. - 52 стр.: табеле ; 24 cm . - (Посебна издања / Српска краљевска академија наука и уметности ; књ. 47. Науке природне и математичке ; књ. 11)  
ПЧ II/8

MILANKOVIĆ, Milutin

Свеправославни конгрес у Цариграду и његова календарска реформа / М. Миланковић. - [Б. м. : б. и.. б. г.]. - 9 стр. ; 23 cm  
П. о.: Мисао ; [1923].  
BM 43

MILANKOVIĆ, Milutin

Калорична годишња доба и њихова примена у палеоклиматском проблему / од М. Миланковића. - Београд : [б. и.], 1923 . - 30 стр. ; 23 cm  
Resume  
П. о.: Глас Српске краљевске академије ; књ. 109, 1923.  
BM 49

MILANKOVIĆ, Milutin

Календар Земљине прошлости / од М. Миланковића. - Београд : [б. и.], 1926. - 9 стр. ; 23 см  
П. о.: Глас Српске краљевске академије ; књ. 117, 1926.  
БМ 50

MILANKOVIĆ, Milutin

Испитивања о термичкој конституцији планетских атмосфера / од М. Миланковића. - Београд : [б. и.], 1926. - Стр. 19-31 ; 23 см  
П. о.: Глас Српске краљевске академије ; књ. 120, 1926.  
БМ 52

MILANKOVIĆ, Milutin

О осцилацијама температуре у разним слојевима Земљине атмосфере / од М. Миланковића. - Београд : [б. и.], 1929. - стр. 129-146 ; 23 см  
П. о.: Глас Српске краљевске академије ; књ. 134.  
БМ 45

MILANKOVIĆ, Milutin

Астрономска теорија секуларних варијација климе / од М. Миланковића. - Београд : [б. и.], 1931. - стр. 27-89 : граф. прикази ; 23 см  
П. о.: Глас Српске краљевске академије ; књ. 143. Први разред ; књ. 70.  
БМ 41

MILANKOVIĆ, Milutin

Über die Uratmosphäre der Erde / von M. Milankovitch. - Leipzig : Akademische Verlagsgesellschaft, 1931. - Str. 219-222 ; 22 см  
Р. о.: Gerlands Beiträge zur Geophysik ; Bd. 33 (Koppen-Bd. 2), 1931.  
БМ<sub>4</sub> 51

MILANKOVIĆ, Milutin

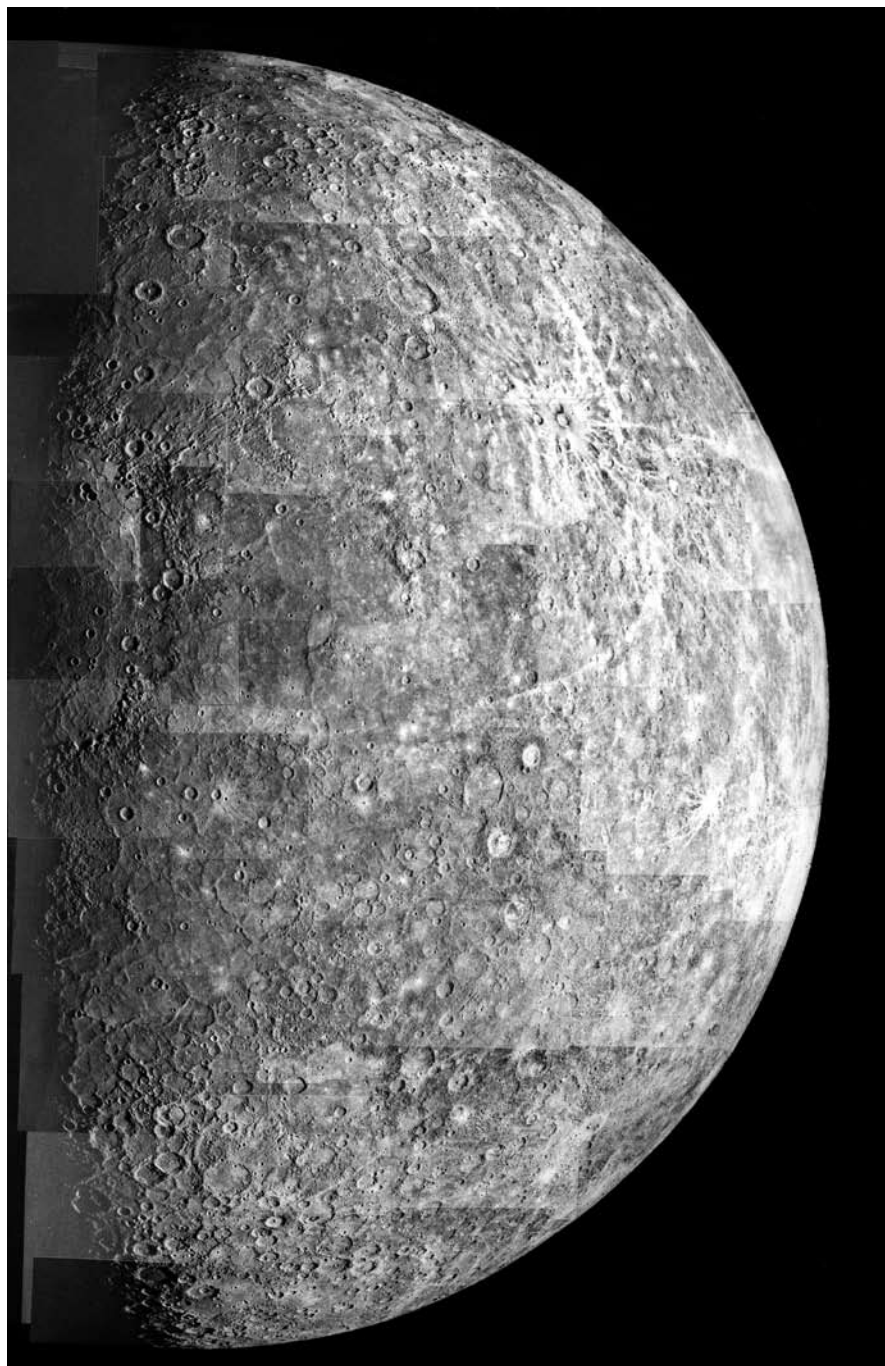
Bahnkurve der sakularen Polverlagerung / von M. Milankovitch. - Belgrade : [s. n.], 1932. - 5 стр. ; 25 см  
Р. о.: Publications mathematiques de l'Universite de Belgrade, t. 1, 1932.  
БМ<sub>4</sub> 52

MILANKOVIĆ, Milutin

Секуларна померања Земљиних полова ротације / од М. Миланковића. - Београд : [б. и.], 1932. - Стр. 39-74 ; 23 см  
П. о.: Глас Српске краљевске академије ; књ. 152. Први разред, књ. 76, 1932.  
БМ 44

MILANKOVIĆ, Milutin

Das Problem der Verlagerungen der Drehpole der Erde in den exakten und in den beschreibenden Naturwissenschaften : Erinnerungen an Alfred Wegener / von M. Milankovitch. - Belgrade : [s. n.], 1933. - Str. 166-188 ; 25 см  
Р. о.: Publications mathematiques de l'Universite de Belgrade ; t. 2, 1933.  
БМ<sub>4</sub> 53



MILANKOVIĆ, Milutin

Нумеричко израчунавање секуларне путање Земљиних полова ротације / од М.

Миланковића. - Београд : [б. и.], 1933. - 38 стр. ; 24 см

П. о.: Глас Српске краљевске академије ; књ. 154. Први разред ; књ. 77.

БМ 48

MILANKOVIĆ, Milutin

О померању Земљиних полова : успомена на Алфреда Вегенера / од М. Миланковића. -

Београд : [б. и.], 1933. - Стр. 3-11, [1] лист са сликом А. Вегенера ; 21 см

П. о.: Годишњак нашег неба, 1934.

БМ 42

MILANKOVIĆ, Milutin

Der Mechanismus der Polverlagerungen und die daraus sich ergebenden Polbahnkurven / von

M. Milankovitch. - Leipzig : Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H., 1934. - Str. 70-97 : ilustr.

; 22 см

Р. о.: Gerlands Beitrage zur Geophysik ; Bd. 42, H. 1.

БМ<sub>4</sub> 50

MILANKOVIĆ, Milutin

Небеска механика / од М. Миланковића. - Београд : Задужбина Луке Ђеловића-

Требињца, 1935. - 333 стр. : граф. прикази ; 25 см . - (Предавања на Београдском

Универзитету)

М 98

MILANKOVIĆ, Milutin

Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem / M.

Milankovitch. - Belgrad : Königlich serbische Akademie, 1941 (Београд : Štamparija Mihaila

Ćurčića). - XX, 633 стр. : graf. prikazi ; 32 cm. - (Édition speciales / Académie royale serbe ; t. 133.

Section des sciences mathématiques et naturelles ; t. 33)

ПЧ II 8/133

MILANKOVIĆ, Milutin

Основи небеске механике / М. Миланковић. - Београд : Просвета, 1947. - 97 стр. : граф.

прикази ; 24 см

На врху насл. стр.: Универзитет у Београду.

Г 221

MILANKOVIĆ, Milutin

Историја астрономске науке од њених првих почетака до 1727 / М. Миланковић. -

Београд : Научна књига, 1948. - 167 стр. : граф. прикази ; 24 см

На врху насл. стр.: Универзитет у Београду.

М 88

MILANKOVIĆ, Milutin

Астрономска теорија климатских промена и њена примена у геофизици /  
М. Миланковић. - Београд : Научна књига, 1948. - V, 159 стр. : граф. прикази ; 24 cm  
На врху насл. стр.: Универзитет у Београду.  
М 106

MILANKOVIĆ, Milutin

Über den Anteil der exakten Wissenschaften an der Erforschung der geologischen Vorzeit /  
M. Milankovitch. - Beograd : Academie serbe des sciences, 1954. - 11 str. ; 26 cm  
P. o.: Publications de l'Institut mathematique ; t. 6, 1954.  
БМ<sub>4</sub> 137

МИЛАНКОВИЋ, Милутин

Основи небеске механике / М. Миланковић. - 2. изд. - Београд : Научна књига, 1955. - 96  
стр. : граф. прикази ; 24 cm  
На врху насл. стр.: Универзитет у Београду.  
М 249

MILANKOVIĆ, Milutin

Astronomische Theorie der Klimaschwankungen : ihr Werdegang und Wiederhall / M.  
Milankovitch. - Beograd : Naučno delo, 1957 (Beograd : Akademija). - 58 str. : graf. prikazi ;  
24 cm. - (Monographien / Serbische Akademie der Wissenschaften ; Bd. 280. Mathematisches  
Institut ; No. 3)  
На спор. насл. стр.: Астрономска теорија климатских промена : њен постанак и одјек  
ПЧ II /8

MILANKOVIĆ, Milutin

Основи небеске механике / Милутин Миланковић. - 3. изд. - Београд : Научна књига,  
1980. - 96 стр. : граф. прикази ; 24 cm  
II 29657

MILANKOVIĆ, Milutin

Основи небеске механике / Милутин Миланковић. - 4. изд. - Београд : Научна књига,  
1988. - 96 стр. : граф. прикази ; 24 cm  
II 46469

MILANKOVIĆ, Milutin

Canon of insolation and the ice-age problem / Milutin Milanković. - 1st ed. - Beograd : Zavod  
za udžbenike i nastavna sredstva, 1998. - 634 str. : ilustr. ; 24 cm  
Str. 14-48: Milutin Milanković and his canon of insolation / translated by Dragoljub Stefanović..  
II 64600



MILANKOVIĆ, Milutin

Zgodovina astronomije od njenih prvih začetkov do leta 1727 / M. Milanković ; prevedel Črtomir Zupančič. – Ljubljana : Slovenski knjižni zavod, 1951. – 171 str. : ilustr. ; 21 cm. – (Poljudno znanstvena knjižnica ; 27)

J 345/27

MILANKOVIĆ, Milutin

Kroz vasiону и векове / Милутин Миланковић ; илустровао Григорије Самојлов. – Београд : Техничка књига, 1952 – 287 стр. : илустр. ; 23 см. – (Наука и техника ; 1)

J 1053/1

MILANKOVIĆ, Milutin

Историја астрономске науке од њених првих почетака до 1727 / М. [Милутин] Миланковић. – Београд : Научна књига, 1954 (Нови Сад : Будућност). – 141 стр. : граф. прикази ; 24 см

Тираж 1.500. – Регистар.

М 240

## САРАДНИЦИ И УЧЕНИЦИ

BILIMOVIĆ, Anton

О ротацији земље као система са шест степена слободе / Антон Билимовић. – Београд : [б. и.], 1934. – Стр. 155-189.

П. о.: Глас Српске краљевске академије, CLXIII, Први разред А. Математичке науке, 80.

БМ 107

BILIMOVIĆ, Anton

О могућности секуларних померања земљиног пола / Антон Билимовић. – Београд : [б. и.], 1932. – Стр. 1-35

П. о.: Глас Српске краљевске академије, CLII, Први разред А. Математичке науке, 76.

БМ 103

BILIMOVIĆ, Anton

Zum Mechanismus der Polverlagerungen / Anton Bilimovich. – Belgrade : [s. n.], 1933. – Str. 189-199.

Р. о.: Publications mathematiques de l'Université de Belgrade, Tome 2, 1933.

БМ<sub>4</sub> 77

BILIMOVIĆ, Anton

Ueber ein Modell zur Demonstration der saekularen Polverlagerungen / Anton Bilimovich. – Belgrade : [s. n.], 1934. – Str. 225-228.

Р. о.: Publications mathematiques de l'Université de Belgrade, Tome 3, 1934.

БМ<sub>4</sub> 76

JARDETZKY, Wenceslav S.

О кретању чврстог тела на кривој линији / теза Вјачеслава С. Жардецког. - Београд : «Скерлић», 1923. - 96 стр. ; 23 cm

Дисертација брањена на Филозофском факултету Универзитета у Београду. - Résumé  
П. о.: Глас Српске Краљевске академије; књ. 107.

Д 19

JARDETZKY, Wenceslav S.

Zur Frage der Polwanderungen / W. Jardeetzky. - Leipzig : [s. n.], 1931. - Str. 361-367  
P. o.: Gerlands Beitrage zur Geophysik, Bd. 32.

БФ<sub>4</sub> 37

JARDETZKY, Wenceslav S

Recherches mathématiques sur l'évolution de la terre / W. Jardeetzky. - Beograd : Srpska kraljevska akademija, 1935. - 202 str. ; 24 cm. - (Académie royale serbe. Édition spéciales. T. 107, Section des sciences mathématiques et naturelles. T. 29)

ПЧИ 8/107

EWING, Maurice W.

Elastični talasi u slojevitim sredinama / V. Moris Eving, Wenceslav S. Jardecki i Frank Pres ; [preveo Miroslav Stefanović]. - Beograd : BIGZ, 1972. - XI, 359 str. : graf. prikazi ; 24 cm  
Prevod dela: Elastic waves in layered media.

И 57712

MIŠKOVIĆ, Vojislav V.

Nouvelles tables de precession / V. V. Michkovitch. - Beograd : [s. n.], 1935. - Str. 38  
P. o.: Publications de l'Observatoire astronomique de l'Universite de Belgrade, 1935.

М 174

ZEUNER, Frederick E.

Dating the past: an introduction to geochronology / Frederick E. Zeuner. - 4th ed. - London: Methuen & Co., 1958.

Н<sub>5</sub> 790

## Дела посвећена Милутину Миланковићу

ŽIVOT i delo Milutina Milankovića

Живот и дело Милутина Миланковића : 1879-1979 / [одговорни уредник Татомир П. Анђелић]. - Београд : Српска академија наука и уметности, 1979. - 198 стр., [8] табли : илустр. ; 24 cm. - (Галерија САНУ ; 36)

И 29744



NAUČNI skup Život i delo Milutina Milankovića 1879-1979. (1979 ; Beograd)

Живот и дело Милутина Миланковића 1879-1979. : научни скуп одржан у Српској академији наука и уметности од 10. до 12. октобра 1979. године / уредник Милутин Гарашанин. - Београд : Српска академија наука и уметности, 1982 (Београд : "Србија"). - VII, 229 стр. : граф. прикази ; 24 см. - (Научни скупови / САНУ ; књ. 12. Председништво ; књ. 3)  
II 37612

MILUTIN Milankovitch Anniversary Symposium (2004 ; Belgrade)

Paleoclimate and the earth climate system : invited lectures / Milutin Milankovitch Anniversary Symposium, Belgrade, 30 August - 2 September 2004 ; editors André Berger, Marko Ercegovac, Fedor Mesinger. - Belgrade : Serbian Academy of Sciences and Arts, 2005. - 190 str. : graf. prikazi ; 30 cm. - (Scientific meetings / Serbian Academy of Sciences and Arts, ISSN 1451-2025 ; vol. 110. Department of Mathematics, Physics and Geo-Sciences ; book 4)  
III 7403

FILIPI-MATUTINOVIĆ, Stela

Милутин Миланковић : великан светске науке са Београдског универзитета : каталог изложбе / [аутор изложбе и каталога Стела Филипи Матутиновић ; аутор уводног текста и стручни консултант Александар Петровић]. - Београд : Универзитетска библиотека "Светозар Марковић", 2006 (Београд : Лавалу). - 40 стр. : илустр. ; 24 см  
II 76551

## Дела из историје астрономије у Србији

MIŠKOVIĆ, Vojislav V.

Хронологија астрономских тековина / Војислав В. Мишковић. – Београд : САНУ, Одељење природно-математичких наука, 1975-1976. – 2 књ. (133, 148 стр.) : илустр. ; 25 см  
II 21264/1,2

MIŠKOVIĆ, Vojislav V.

Хипарх / Војислав В. Мишковић. - Београд : Српска академија наука и уметности, 1976. - (Посебна издања / Српска академија наука и уметности ; књ. 490)  
II 24091

ŠEVARLIĆ, Branislav M.

Istorija astronomske nauke : od Njutnova doba do naših dana / Branislav M. Ševarlić ; s priložima Branislava Ševarlića, Rajka Petronjevića i Nenada Jankovića. - Beograd : Prirodno-matematički fakultet Univerziteta : Jugoslovenski zavod za produktivnost rada, 1986. - 194 str. ; 24 cm  
II 42405

JANKOVIĆ, Nenad Đ.

Astronomija u starim srpskim rukopisima : doktorska disertacija / Nenad Đ. Janković. - Beograd : [N. Janković], [s. a.]. - 368, [7] listova s tablama ; 29 cm  
Bibliografija. - Umnoženo za odbranu. - Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta.  
РД 2026

JANKOVIĆ, Nenad Đ.

Астрономија у српским штампаним календарима до 1900. / Ненад Ђ. Јанковић. - [1. изд.]. - Београд : Српска академија наука и уметности, 1994. - 179, [22] стр. : илустр. ; 24 см. - (Посебна издања / Српска академија наука и уметности ; књ. 628. Одељење природно-математичких наука ; књ. 70)

На спор. насл. стр.: Astronomy in Serbian printed calendars up to 1900. - Астрономски изрази из српских календара: стр. 119-153. - Библиографија: стр. 155-174. - Summary. - Регистар. II 57833

JANKOVIĆ, Nenad Đ.

Откривање васионе : историја астрономије до XIX века / Ненад Ђ. Јанковић. - Београд : Музеј науке и технике : Завод за уџбенике и наставна средства, 1996. - XV, 904 стр. : илустр. ; 24 см. - (Свет науке и технике ; књ. 4)

Регистри.

II 60566

RAZVOJ astronomije kod Srba

Развој астрономије код Срба = Development of astronomy among Serbs / edited by M. S. Dimitrijević, J. Milogradov-Turin and L. Č. Popović. - Београд : Астрономска опсерваторија, 1997. - 275 стр. : илустр. ; 24 см. - (Публикација Астрономске опсерваторије у Београду ; св. 56)

II 62134

KONFERENCIJA Razvoj astronomije kod Srba (3 ; 2004 ; Beograd)

Зборник радова Конференције Развој астрономије код Срба III, Београд 25-28. април 2004. / уредник Милан С. Димитријевић = Proceedings of the Conference Development of Astronomy Among Serbs III, Belgrade, April 25-28, 2004 / edited by Milan S. Dimitrijević.

- Београд : Астрономско друштво "Руђер Бошковић". - 419 стр. : илустр. ; 24 см. -

(Публикације Астрономског друштва "Руђер Бошковић" = Publications of the Astronomical Society "Rudjer Bošković", ISSN 0506-4295 ; св. 6)

Библиографија уз већину радова. - Abstracts. - Регистар.

II 76860

DIMITRIJEVIĆ, Milan S.

Српски астрономи у индексу научних цитата у XX веку = Serbian astronomers in Science Citation Index in the XX century / Милан С. Димитријевић. - Београд : Задужбина Андрејевић, 2005. - 398 стр. ; 24 см. - (Библиотека Inspiratio / Задужбина Андрејевић; књ. 2)

II 75260

KONFERENCIJA Razvoj astronomije kod Srba (4 ; 2006 ; Beograd)

Зборник радова Конференције Развој астрономије код Срба IV, Београд 22-26. април 2006. / уредник Милан С. Димитријевић = Proceedings of the Conference Development of Astronomy Among Serbs IV, Belgrade, April 22-26, 2006. / ed. by Milan S. Dimitrijević. -

Београд : Астрономско друштво "Руђер Бошковић". - 681 стр. : илустр. ; 24 см. - (Публикације Астрономског друштва "Руђер Бошковић" ; св. 7, ISSN 0506-4295 = Publications of the Astronomical Society "Rudjer Bošković" ; no. 7)

Напомене и библиографске референце уз текст. - Библиографија уз већину радова. - Abstracts. - Регистар.

II 80554

## Страна дела из историје астрономије

BERRY, Arturo

Compendio di storia della astronomia / Arturo Berry ; tradotto dall'inglese dal dottor Dionisio Gambioli con due appendice ; riveduta e corretta dall'astronomo Elia Milosevich. – Roma [etc.] : Albrighi, Segati e C., 1907. – XXVII, 612 str. ; 20 cm

M<sub>6</sub> 2

FOERSTER, Wilhelm Julius

Die Lehre von der Bewegung der Erde im griechischen Altertum / von Wilhelm Foerster. – Aus: Himmel und Erde. – Str. 289-299

БГ<sub>4</sub> 59

DUHEM, Pierre

Le système du monde : histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic / Pierre Duhem. – Paris : A. Hermann et fils, 1913-1917. – 5 knj. ; 25 cm

M<sub>3</sub> 5

BIGOURDAN, Guillaume

L'astronomie : évolution des idées et des methods / G. Bigourdan. – Paris : E. Flammarion, 1916. – VII, 399 str. ; 19 cm. – (Bibliothèque de philosophie scientifique)

M3 1

DUHEM, Pierre

Le système du monde : histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic / Pierre Duhem. – Paris : Hermann, 1954-1974. – 10 knj. ; 25 cm

Sadržji:

T. 1. - 1954. - 512 str.

T. 2. - 1974. - 522 str.

T. 3. - 1958. - 549 str.

T. 4. - 1973. - 597 str.

T. 5. - 1954. - 596 str.

T. 6. - 1973. - VIII, 740 str.

T. 7. - 1956. - 664 str.

T. 8. - 1958. - 512 str.

T. 9. - 1958. - 442 str.

T. 10. - 1959. - 528 str.

II 18796

OPPENHEIM, Samuel

Das astronomische Weltbild im Wandel der Zeit / S. Oppenheim. – Leipzig [etc] : B. G. Teubner, 1920. – 2 knj. ; 19 cm. – (Aus Natur und Geisteswelt; Bd. 444-445)

Sadržji:

Teil 1: Vom Altertum bis zur Neuzeit. – 3 Aufl., mit 18 Abbild. im Text. – 136 str.

Teil 2: Moderne Astronomie. – 2 Aufl., mit 9 Fig. im Text und 1 Tafel. – 130 str.

J 2

## GALILEI, Galileo

Opere / a cura di Seb. Timpanaro. – Milano [etc] : Rizzoli, 1936-1938. – 2 knj. ; 19 cm

Sadržī:

Vol. 1: Dialogo dei massimi sistemi. Le mecaniche. La bilancetta. Sopra le scoperte de i dadi. Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua o che in quella si muovona. ... – 1936. – 1078 str., 6 sl., 6 faks.

Vol. 2: Dialoghi delle nuove scienze. Il saggiaiore. – 1938. – 877 str., 9 sl., 3 faks.

I 7443

## KEPLER, Johannes

Gesammelte Werke. / hrsg. im Auftrag der deutschen Forschungsgemeinschaft und der bayerischen Akademie der Wissenschaften unter der Leitung von Walther von Dyck und Max Caspar. – München : C. H. Beck, 1938 -1975. – knj. ; 31 cm

Sadržī:

Bd. 1: *Mysterium cosmographicum de stella nova* / hrsg. von Max Caspar ; mit einem bildniss des Verfassers. – 1938. – XV, 429 str. : ilustr.

Bd. 2-3: *Astronomia nova* / hrsg. von Max Caspar. – 1937-1938

Bd. 4: *Kleinere Schriften 1602/1611 : Dioptrice* / hrsg. von Max Caspar und Franz Hammer. – 1941. – 524 str.

Bd. 5: *Chronologische Schriften* / hrsg. von Franz Hammer. – 1953. – 469 str.

Bd. 6: *Harmonice mundi* / hrsg. von Max Caspar. – 1940. – 562 str.

Bd. 7: *Epitome astronomiae Copernicanae* / hrsg. von Max Caspar. – 1953. – 617 str.

Bd. 8: *Mysterium cosmographicum : Editio altera cum notis. De cometis hyperaspistes* / bearbeitet von Frany Hammer. – 1963. – 516 str.

Bd. 9: *Mathematische Schriften* / bearbeitet von Franz Hammer. – 1960. – 560 str.

Bd. 10: *Tabulae Rudolphinae* / bearbeitet von Franz Hammer. – 1969. – 277, 142, 126 str., 1 sl., 1 karta

Bd. 13: *Briefe 1590-1599* / hrsg. von Max Caspar. – 1945. – XVII, 432 str.

Bd. 14: *Briefe 1599-1603* / hrsg. von Max Caspar. – 1949. – 520 str.

Bd. 15: *Briefe 1604-1607* / hrsg. von Max Caspar. – 1951. – 568 str.

Bd. 16: *Briefe 1607-1611* / hrsg. von Max Caspar. – 1954. – 482 str.

Bd. 17: *Briefe 1612-1620* / hrsg. von Max Caspar. – 1955. – 535 str.

Bd. 18: *Briefe 1620-1630* / hrsg. von Max Caspar. – 1959. – 592 str.

Bd. 19: *Documente zu Leben und Werk* / bearbeitet von Martha List. – 1975. – 551 str.

M<sub>4</sub> 241

## KOPERNIK, Nikolaj

Nikolaus Kopernikus Gesamtausgabe. – München : R. Oldenbourg, 1944-1949. – 2 knj. ; 30 cm

Sadržī:

Bd. 1: *Opus de revolutionibus caelestibus manu propria* faksimile – Wiedergabe. – 1944. – 1 knj. (razl. pag.). – Faksimilno izd.

Bd. 2: *De revolutionibus orbium caelestium. Textkritische Ausgabe.* – 1949. – 470 str.

III 514

## RAJKOV, B. E.

Очерки по истории гелиоцентрического мировоззрения в России : из прошлого русского естествознания / Б. Е. Райков. – 2. изд. – Москва [итд.]: Акад. наук СССР, 1947. – 390 стр. : илустр. ; 22 см. – (Акад. наук союза ССР. Научно популярная серия)

M<sub>9</sub> 124

DOIG, Peter

A concise history of astronomy / by Peter Doig ; foreward by Harold Spencer Jones. – London : Chapman & Hall, 1950. – XI, 320 str. ; 22 cm  
M<sub>5</sub> 265

PTOLOMAEUS Claudius

The Almagest / by Ptolemy ; [translated by R. Catesby Taliaferro]. On the revolutions of the heavenly spheres / by Nicolaus Copernicus ;[translated by Charles Glenn Wallis]. Epitome of Copernican astronomy : IV and V ; The harmonies of the world / by Johannes Kepler ; [translated by Charles Glenn Wallis]. – Chicago [etc.] : Encyclopaedia Britannica, 1952. – XIV, 495 str. : graf. prikazi ; 24 cm. – (Great books of the western world ; vol. 16)  
II 1973/16

GALILEI, Galileo

Sensate esperienze e certe dimostrazioni / antologia a cura di Franz Brunetti, Ludovico Geymonat. – Bari : Laterza, 1961. – 250 str. ; 20 cm. – (Piccola biblioteca filosofica)  
I 124

KOPERNIK, Nikolaj

Dziela wszystkie / Mikolaj Kopernik. – Warszawa : Państwowe Wydawnictwo Naukowe, 1972- . – knj. ; 30 cm  
Dosadašnji sadržaj:  
Tom. 1: Rekopis dzieła Mikolaja Kopernika „O obrotach“. Fascimile. – 1972. – X, 73 str, 448 faks.  
III 2225

WEIDNER, Ernst F.

Handbuch der babylonischen Astronomie. Bd. 1, Der babylonische Fixsternhimmel : Beiträge zur ältesten Geschichte der Sternbilder / von Ernst F. Weidner. – Leipzig : Zentralantiquariat der DDR, 1976. – 146 str. : ilustr. ; 29 cm. – (Assyriologische Bibliothek ; 23, Lfg. 1)  
Fototipsko izd.: Leipzig : J.C. Hinrichs'sche Buchhandlung, 1915.  
III 5194/1

DURHAM, Frank

Frame of the universe: a history of physical cosmology / Frank Durham, Robert D.Purrington. – New York : Columbia University Press, 1983. – IX, 284 str.: ilustr. ; 24 cm  
Bibliografija: str. 267-275. – Registar.  
II-41099

ASTRONOMICAL cuneiform texts: Babylonian ephemerides of the Seleucid period for the motion of the sun, the moon, and the planets / Ed. By O.Neugebauer. – New York [etc.] : Springer Verlag, 1983. – 3 knj ; 30 cm. – (Sources in the history of mathematics and physical sciences; 5)

Sadržji:

Vol. 1 : Introduction ; The moon. – XVIII, 278 str.

Vol. 2 : The planets ; Índices. – X, 279-511 str. – Bibliografija: str. 461-466.

Vol. 3 : Plates. – 255 str. : ilustr.

III-4110



HERBSTER, Rainer

Die Grundlagen der frühen chinesischen Astronomie : Bestimmung der Periode und Bahn der Sonne : Dissertation / Rainer Herbst. - Frankfurt am Main : Universität Frankfurt am Main, 1986. - 99 str. ; 21 cm

ДН 541

LEVERINGTON, David

A history of astronomy : from 1890 to the present / David Leverington. - Berlin [etc.] : Springer, 1996. - XII, 365 str. : ilustr. ; 23 cm

II-60941

WRIGHT, M.R.

Cosmology in antiquity / M. R. Wright. - London [etc.] : Routledge, 1996. - X, 201 str. : ilustr. ; 22 cm. - (Sciences of antiquity)

II-63127

KRAUSS, Rolf

Astronomische Konzepte und Jenseitsvorstellungen in den Pyramidentexten / Rolf Krauss. - Wiesbaden : Harrassowitz, 1997. - XVI, 297 str. : ilustr. ; 24 cm. - (Ägyptologische Abhandlungen, Bd. 59)

Registar.

II 64641

BRACK-Bernsen, Lis

Zur Entstehung der babylonischen Mondtheorie : Beobachtung und theoretische Berechnung von Mondphasen / Lis Brack-Bernsen. - Stuttgart : F. Steiner, 1997. - VIII, 142 str. : graf. prikazi ; 23 cm. - (Boethius ; Bd. 40)

II 62692

HEATH, Thomas

Aristarh sa Samosa, antički Kopernik : istorija grčke astronomije do Aristarha, zajedno s Aristarhovom „Raspravom o veličinama i udaljenostima Sunca i Meseca“ / novi grčki tekst s prevodom na engleski i opaskama ser Tomasa Hita ; [priređivač Miroslav Filipović ; prevod Tatjana Milosavljević]. - Beograd : Agencija za marketing i finansijski konsalting, 2007. - 409 str. : graf. prikazi, tabele ; 24 cm

Prevedeno prema: Aristarchus of Samos, the Ancient Copernicus / a new Greek text with translation and notes by Sir Thomas Heath. - Deo teksta uporedo na grč. i srp. jeziku. -

Predgovor priređivača: str. 3. - Napomene i bibliografske reference uz tekst. - Registar. - Sadrži i: O veličinama i udaljenostima sunca i meseca / Aristarh sa Samosa.

II-82442



## Речници и енциклопедије астрономије

HARTMANN, William K.

Astronomy, the cosmic journey / William K. Hartmann. – 3rd ed. – Belmont : Wadsworth Publishing Co., 1985. - XXIII, 548 str., [36] str. s tablama : ilustr. ; 27 cm  
II 48319

THE ASTRONOMY and astrophysics encyclopedia / edited by Stephen P. Maran ; foreword by Carl Sagan. - Cambridge [etc.] : Cambridge University Press [etc.], 1992. - XXIX, 1002 str. : ilustr. ; 28 cm  
III 5788

KITCHIN, Chris

Illustrated dictionary of practical astronomy : with 273 figures, including 3 in colour / Chris Kitchin. - Berlin : Springer, 2002. - VIII, 280 str. : ilustr. ; 29 cm  
III 6570

RIDPATH, Ian

Rečnik astronomije / Jan Ridpat ; prevod s engleskog Zorana Dohčević-Mitrović, Slađana Tanasijević. - 1. Deretino izd. - Beograd : Dereta, 2007 (Beograd : Dereta). - 548 str. : graf. prikazi ; 24 cm. - (Biblioteka Leksikografija)  
Prevod dela: Oxford dictionary of astronomy / Ian Ridpath.  
II 82700

VASIONA : velika ilustrovana enciklopedija / glavni urednik Liz Viler ; [sa engleskog prevele Bojana Dodić, Dragana Momić]. - Beograd : Mladinska knjiga, 2008. - 512 str. : ilustr. ; 31 cm  
Prevod dela: Universe.  
III 8126

## Атласи

BALL, Robert Stawell

An atlas of astronomy : a series of 72 plates / with introduction and index by Sir Robert Stawell Ball. – London : G. Philip and Son, 1892. - XI, 57, 17 str. ; ilustr. ; 21 cm  
M<sub>5</sub> 26

NORTON, Arthur P.

A star atlas and reference handbook (epoch 1950) for students and amateurs / by Arthur P. Norton ; The reference handbook by J. Gall Inglis and A. P. Norton. – 10<sup>th</sup> ed. – London : Gall and Inglis, 1946. - [88] str., 18 mapa, 1 indeks mapa  
M<sub>5</sub> 122

RUDAUX, Lucien

Sur les autres mondes : 73 planches en noir, 20 planches en couleurs / par Lucien Rudaux. – Paris : Larousse, [s. a.]. - VI, 220, 3 str. ; 32 cm  
M<sub>3</sub> 163

KOHL, Otto

Atlas des gestirnten Himmels für das Äquinoktium 1950 / bearbeitet von Otto Kohl und Gerhard Felsmann. – Berlin : Akademia, 1956. – 6 str., XVI karata ; 31 cm

M<sub>4</sub> 266

RABL, S. S.

The star atlas and navigation encyclopedia / by S.S.Rabl. – New York : Carnell Maritimi Press, 1946. – [271] str., 1 mapa : ilustr. ; 28 cm

M<sub>5</sub> 175

LE GRAND atlas de l'astronomie / sous la responsabilité scientifique de Jean Audouze et de Guy Israël. – [Paris] : Encyclopaedia Universalis, 1986. – 453 str. : ilustr. ; 37 cm

III 5095

RANZINI Gianluca

Atlas svemira : veliki ilustrovani vodič sa svim mapama sazvežđa / Đanluka Rancini ; [ilustracije A. Dominiči, D. Festa ; sa italijanskog prevela Tijana Maksimović]. – Beograd : Mono i Manjana, 2008 (Beograd : Demetra). – 216 str. : ilustr. ; 30 cm

Prevod dela: Atlante dell'universo.

III 8010



## Даница Филиповић

### РЕТКЕ КЊИГЕ ИЗ АСТРОНОМИЈЕ

#### у фонду Универзитетске библиотеке «Светозар Марковић»

У богатој ризници књига Универзитетске библиотеке, могу се наћи и неке веома ретке публикације из области астрономије.

Међу оријенталним рукописима налази се неколико дела, било оригинала, било преписа, насталих у раздобљу од 1691. до 1769. године. Ови рукописи су изузетно декоративни, са лепим дијаграмима и цртежима.

Од штампаних књига, најстарије дело је из 1488. године. То је дело Гаја Јулија Хигина – Caius Julius Hyginus, римског граматичара родом из Шпаније, по некима из Александрије, *Poeticon astronomicon*, објављено у Венецији. Ово издање, повезано кожом, има украшене иницијале и 48 слика-дубореза.

Peter Apian, познат још и као Peter Bienewitz или Bennewitz, рођен је у Саксонији 1495. године. Студирао је математику, астрономију и космографију на Универзитету у Лајпцигу, а затим и у Бечу. Године 1524. објавио је значајно дело *Cosmographia seu descriptio totius orbis*, која је била базирана на Птолемејовој *Космографији* и представљала је увод у астрономију, географију, картографију. Апијан је био и један од најуспешнијих популаризатора астрономских наука у XVI веку. Универзитетска библиотека има његову *Космографију* из 1550. године.

Georg von Peurbach (1423-1461) - Purbach, Purbachius, био је астроном и математичар. Предавао је астрономију у Бечу. Сматра се оцем математике и обсервационалне астрономије. Његово дело *Theoricæ novae planetarum* објављено је у Нирнбергу 1472. године.

Дубровчанин Никола Нашљековић, Nale, песник, бавио се и математиком. Био је позван од папе Гргура XIII да дâ своје мишљење о реформи календара. У књизи *Dialogo sopra la sfera del mondo*, објављеној у Венецији 1579. године, писао је и о планетама и разним теоријама о кретању небеских тела.

Никола Витов Гучетић, филозофски писац, дубровачки хуманиста, студирао је у Падови и другим градовима Италије. У његовој расправи *Dialogo sopra le Metheore*,

из 1584. године, има делова који говоре о кометама, звездама, галаксији.

Један од најпознатијих Дубровчана, Руђер Бошковић, математичар, астроном, професор универзитета, једно време и директор астрономске опсерваторије код Милана, заступљен је делима из 1756. и 1785. године.

Француски свештеник Marc Antoine Guigues, аутор је дела из 1700. године, *La Sfera geografico-celeste*. Остао је запамћен и по томе што је изјавио да веровати у то да Сунце обасјава свет, значило би имати ум Ђордана Бруна који је, по одлуци Свете Инквизиције спаљен, јер је подржавао такву дрскост.

Немачки астроном Јохан Хиеронимус Шретер, Johann Hieronymus Schröter, (1745-1816), студирао је право у Гетингему. Близу Бремена сазидао је и опремио опсерваторију и постао познат јер је описао површину Месеца и других планета. Његово дело, касније оспорено, датира из 1791. године.

Дело *Katechismus der Astronomie* из 1869. налазило се у личној библиотеци професора универзитета Јована Жујовића и има његов потпис на корицама.

Неколико дела британског астронома Ричарда Ентонија Проктора, Richard Anthony Proctor (1837-1888), који је дао најранију карту Марса 1867. године, налази се у овој групи, захваљујући и томе што је на једној његовој књизи, *Handbook of the Stars* из 1866. године, написано да је она поклон, децембра 1945. године, Краљевског астрономског друштва библиотекама које су оштећене у рату.

Атанасије Стојковић је рођен у Руми 1773. године. Студије физике завршио је у Гетингему, где је и докторирао. Славу научника стекао је својим тротомним делом *Физика* које је објавио у Будиму 1801-1803. То је била прва књига о физици на српском језику. У првом тому ове публикације има доста појмова из области астрономије.

Значајна је такође и преписка Милана Недељковића (1857-1950), професора астрономије и метеорологије, оснивача Опсерваторије Велике школе која се чува у Одељењу реткости.





Милутин Миланковић докторирао је на Техничком универзитету у Бечу 1904. са темом „Теорија линија притисака (“Theorie der Druckkurven). Био је први Србин доктор техничких наука. Примерак његовог руком писаног доктората чува се у архиву Техничког универзитета, а фотокопија се чува у Универзитетској библиотеци «Светозар Марковић» у Београду. Занимљиво је да у раду објављеном у Nexus Network Journal 9 (2007) 185-210 аутора Фредерика Фоце стоји да је једино српски математичар Милутин Миланковић у својој дисертацији и радовима објављеним у часописима од 1904. до 1910. анализирао теорију линије притисака са механичке и математичке тачке гледишта, што има значаја за грађевинарство и данас.

Дана 17.12.1954. испунило се 50 година од одбране Миланковићевог доктората и Академијски сенат Велике техничке школе у Бечу одлучио је да Миланковићу том приликом додели златну докторску диплому јер је са успехом радио на развоју техничких наука и тиме подигао углед те велике школе.

Том приликом ректор Техничког универзитета у Бечу наложио је да се његов допис у којем каже да је Милутин Миланковић студент Техничког универзитета који је својим делом у науци значајно подигао углед универзитета чији је студент био, залепи у књигу уписа студената из 1902. уз име Милутина Миланковића, као трајна успомена на њега. То је од оснивања Техничког универзитета 1815. до данас једини случај да се такав допис унесе у књигу уписа студената.

У Архиву Универзитета чувају се све књиге уписа и архивар нам је љубазно омогућио да видимо и снимимо књигу уписа и ректорово писмо.



Name		Geburtsdatum		Taufdatum		Taufort		Taufamt		Taufzeugen		Taufbescheinigung	
Koggenberg													
Kerckhoff													
Schulze													
Schlack													
Mankin													
Velt													
Velters													
Veltorf													

This is a detailed view of a church register page. The page is divided into two columns of tables. Each table has multiple columns for recording birth and baptism information. The names of the families are written in the first column of each row. The tables contain handwritten entries in black ink. At the bottom of the page, there is a section of printed text, likely a notice or a set of instructions regarding the church records.

## *КАНОН и ОДЗИВИ*

### *Аутори изложбе и монографије*

проф. др Александар Петровић  
др Стела Филипи Матутиновић

### *рецензенти*

Др Зоран Кнежевић, дописни члан САНУ  
Проф. др Слободан Марковић, Универзитет Нови Сад

### *Издавач*

Универзитетска библиотека “Светозар Марковић” у Београду

### *За издавача*

др Стела Филипи Матутиновић

### *Ликовни уредник*

мр Селман Тртовац

### *Штампа*

МСТ Гајић

### *Тираж*

300 примерака

CIP - Каталогизација у публикацији  
Народна библиотека Србије, Београд

5:929 Миланковић М.(083.824)  
521:551.583(083.824)

ПЕТРОВИЋ, Александар, 1966-

Канон и одзиви : Астрономска теорија Милутина  
Миланковића и савремена наука / [аутори изложбе и каталога]  
Александар Петровић, Стела Филипи Матутиновић. - Београд :  
Универзитетска библиотека “Светозар Марковић”, 2009 (Београд  
: МСТ Гајић). - 96 стр. : илустр. ; 24 cm

На врху насл. стр.: Универзитет у Београду. - Тираж 300. -  
Напомене и библиографске референце уз текст. - Библиографија:  
стр. 37-39, 63-67.

ISBN 978-86-7301-044-1

1. Филипи-Матутиновић, Стела, 1951- [аутор]

[аутор изложбе]

а) Миланковић, Милутин (1879-1958) -

Изложбени каталози б) Климатске промене -

Астрономски аспект - Изложбени каталози

COBISS.SR-ID 171902220