

# ВАСИОНА

ЧАСОПИС ЗА АСТРОНОМИЈУ И АСТРОНАУТИКУ

YU ISSN 0506-4295

МИЛАНКОВИЋЕВА  
АСТРОНОМСКА ОТКРИЋА



НЕБЕСКА МЕХАНИКА  
У ДЕЛИМА  
М. МИЛАНКОВИЋА



МИЛАНКОВИЋЕВ  
ДОПРИНОС ТЕОРИЈИ  
ЛЕДЕНИХ ДОБА



МИЛАНКОВИЋЕВИ  
РЕЗУЛТАТИ У ФИЗИЦИ  
АТМОСФЕРЕ



МИЛАНКОВИЋЕВО  
ВИЋЕЊЕ  
МАЈКЕЛСОН-МОРЛИЈЕВОГ  
ЕКСПЕРИМЕНТА



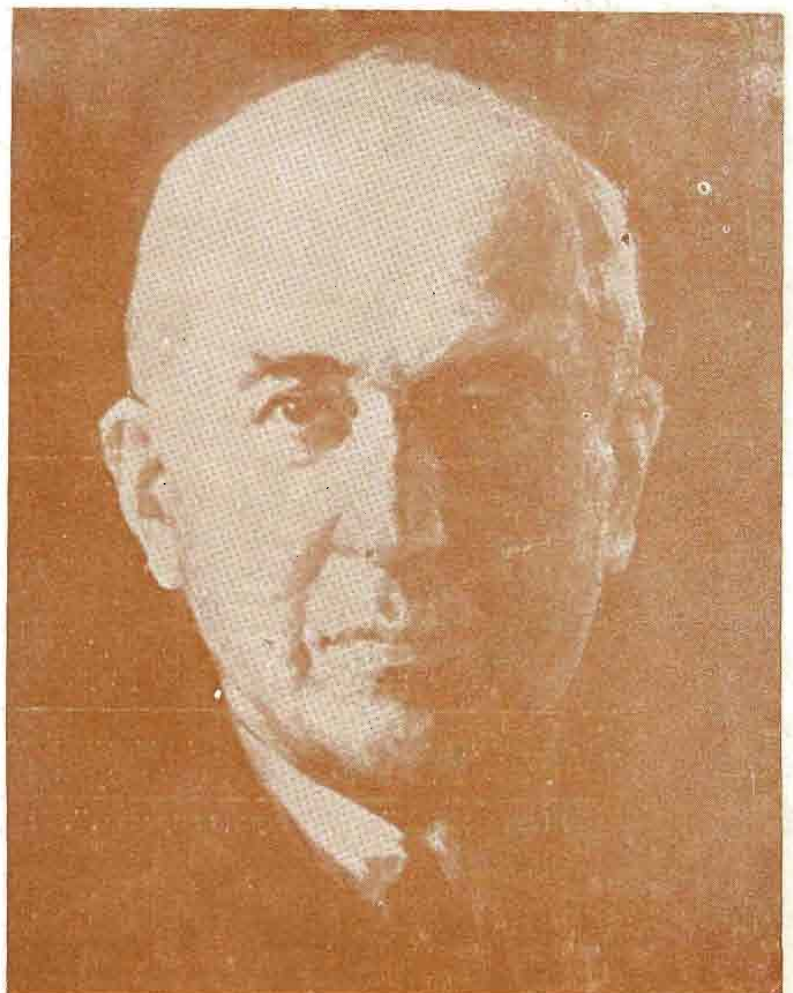
ДОПРИНОС ЈУГОСЛОВЕНА  
МИЛАНКОВИЋЕВОЈ  
ТЕОРИЈИ



МИЛАНКОВИЋ —  
ИСТОРИЧАР И  
ПОПУЛАРИЗАТОР НАУКЕ

ОВАЈ БРОЈ ЈЕ ПОСВЕЋЕН СТОГОДИШЊИЦИ  
РОЂЕЊА МИЛУТИНА МИЛАНКОВИЋА

*Паја Јовановић: Проф. др Милутин Миланковић,  
пријатељска успомена.*



1979 — 4

Bulletin de la Société Astronomique „R. Bošković”. Adresse: VASIONA,  
Narodna opservatorija, Kalemegdan, Gornji Grad, Beograd, Yougoslavie

## САДРЖАЈ

<i>Б. Шеварлић</i> : Миланковићева астрономска открића .....	101
<i>Б. Појовић</i> : Небеска механика и њена примена у делима М. Миланковића .....	111
<i>S. Fempl</i> : <i>Milankovičev doprinos astronomskoj teoriji ledenih dobi</i> .....	118
<i>М. Čadež</i> : <i>Sećanje na Milutina Milankovića</i> .....	120
<i>М. Димитријевић</i> : Миланковићев погледи на Ајнштајново схватање брзине светлости .....	123
<i>М. Јелчић</i> : Допринос Станимира Фемпла развијању Миланковићеве теорије .....	125
<i>М. Муџијевић</i> : <i>Milanković kao istoričar i popularizator nauke</i> .....	126
<i>С. Ницковић</i> : Научни скуп посвећен стогодишњици рођења М. Милан- ковића .....	130
<i>Nove knjige</i> .....	131

### Издавачки савет

Академик ТАТОМИР АНЂЕЛИЋ, НЕНАД ЈАНКОВИЋ, Др АЛЕКСАНДАР  
КУБИЧЕЛА, Мр ЈЕЛЕНА МИЛОГРАДОВ-ТУРИН, Инж. АЛЕКСАНДАР  
ПОПОВИЋ, Мр МАРИЈА ПОТКОЉАК, Др СОФИЈА САЦАКОВ, АЛЕКСАН-  
ДАР ТОМИЋ, НИНОСЛАВ ЧАБРИЋ, Проф. Др БРАНИСЛАВ ШЕВАРЛИЋ

### Уређивачки одбор

Др МИЛАН ДИМИТРИЈЕВИЋ, НЕНАД ЈАНКОВИЋ, Проф. Др БРАНИСЛАВ  
ШЕВАРЛИЋ, АЛЕКСАНДАР КУБИЧЕЛА, Инж. АЛЕКСАНДАР ПОПОВИЋ,  
Мр ЈЕЛЕНА МИЛОГРАДОВ-ТУРИН, АЛЕКСАНДАР ТОМИЋ,  
НИНОСЛАВ ЧАБРИЋ,

### Главни одговорни уредник

Мр ЈЕЛЕНА МИЛОГРАДОВ-ТУРИН

Помоћник уредника АЛЕКСАНДАР ТОМИЋ

Насловну страну израдио ПЕТАР КУБИЧЕЛА

У издавању овог броја учествовала је Самоуправна интересна заједница у  
области културе Општине Осиек.

**VASIONA**, часопис за астрономију и астронаутику. Издаје Астрономско  
друштво „Руђер Бошковић”, уз учешће Републичке заједнице за научни рад  
СР Србије. Годишња претплата НД 50, за ученике свих школа ако поруче  
одједном најмање десет примерака по НД 30, а за иностранство НД 100. По-  
једини број НД 12,50. Власник и издавач Астрономско друштво „Руђер Бош-  
ковић”, Београд. Уредништво и администрација: Београд, Народна опсер-  
ваторија, Калемегдан, Горњи Град. Тел 624-605. Рукописи се не враћају.  
Преплате слати у корист рачуна број 60806-678-6639

На основу мишљења Републичког секретаријата за културу број 413-665/74-02 од  
27. XII 1974. ово издање је ослобођено пореза на промет

Штампа: НИГРО „Привредни преглед”, Београд, Маршала Бирјузова 3—5.

## МИЛАНКОВИЋЕВА АСТРОНОМСКА ОТКРИЋА\*

„То је почело овако. Неколико година пре Балканског рата, седела су, једног вечера, два, пријатеља, млади научник и један, још млађи, песник, у једној познатој београдској кавани. Првome од њих вирила је из џепа коректура новог научног чланка, а други је држао под пазухом једну плаву књижицу, То је била збирка његових патриотских песама, која је баш тога дана изишла из штампе. Са висине својих првих успеха, посматрали су они вреву посетилаца и послуге, и разговарали о својим намерама за будућност.



Сл. 1. Милутиин Миланковић (1879—1958)

Већ при првој бутељи вина осетише наша два пријатеља да их лака крила носе у висину, а хоризонт им се шири све даље и даље. Са висине до које су се винули изгледаше им њихов дотадањи рад узан и скучен. Признадоше сами себи да су научне расправе и лирске песме ситна зрнца, па ма била и бисерна.

Уз трећу бутељу, донесе им келнер стране новине. Оне су саопштавале да је енглески адмиралитет одлучио да неке пројектоване мале крстарице замени великим дреднотима.

„Јеси ли видео!”, рече песник, „Нема шта да се чека и Енглеzима је јасно као и нама двојици: мале ствари више не пале. И ми морамо без оклевања приступити градњи наших дреднота”.

\*) Предавање одржано на Коларчевом универзитету 13. 4. 1979. године поводом стогодишњице Миланковићева рођења.

Уз четврту бутељу донесена је једногласна одлука да научник напише једно епохално дело, а песник велики роман у три свеске.”

Овим сликовитим речима наш велики астроном, небески механичар и геофизи-  
чар, описује у својим „Успоменама” прекретницу у свом научном стваралаштву већ  
на почетку своје научничке каријере. Ки доиста, од многих научних расправа које је  
објавио, остаће за Милутина Миланковића карактеристична два епохална научна  
дела, којима се сврстао у историју наука: његова *МАТЕМАТИЧКА ТЕОРИЈА  
КЛИМЕ* и његова *ТЕОРИЈА СЕКУЛАРНОГ ПОМЕРАЊА ЗЕМЉИНИХ ПО-  
ЛОВА*. Писане у виду низа научних расправа, које су објављиване како је који оде-  
љак ових великих теорија био завршен, сакупљане су оне пред сам Други светски  
рат и објављене у његовом животном делу *КАНОН ЗЕМЉИНА ОСУНЧАВАЊА  
И ЊЕГОВА ПРИМЕНА НА ПРОБЛЕМ ЛЕДЕНИХ ДОБА*.

Главни обриси ове две велике астрономске теорије и неки занимљиви моменти  
из Миланковићева рада на њима и његовог односа према поменутиим научницима  
биће, у оквиру једног елементарног приказа, и главни предмет овог мог сећања на  
Милутина Миланковића.

### МАТЕМАТИЧКА ТЕОРИЈА КЛИМЕ

Још на почетку свог научног рада, дакле пред сам Балкански рат, запазио је  
Миланковић, после разговора с Владимиром Варићакком, својим професором, а  
нашим чувеним математичарем, да је математичка теорија кретања Земље и других  
планета, као и њихових сателита, заснована на Њутновом закону опште гравитације,  
доведена радовима Лагранжа, Лапласа, Леверјеја, Стоквела и читаве једне армије  
великих имена до самог савршенства, тако да се положаји ових небеских тела могу  
с изванредном тачношћу прорачунати како у садашњости, тако и у далекој прошлости,  
а предвидети и у далекој будућности. Приметимо да се, захваљујући томе нагло и  
са неочекиваним успехом могла данас развити и прецизна теорија кретања Земљиних  
вештачких сателита и других још много сложенијих васионских летилица. У пог-  
леду осунчавања Земље, Месеца и планета био је, напротив, познат, у доба о коме  
је реч, само основни закон, по коме се топлотна енергија Сунчева шири по васиони,  
слабећи с квадратом одстојања од Сунца, баш као и његова привлачна сила. Раси-  
пајући се по простору, Сунчеви зраци падају на планетске површине, а количина  
топлоте, коју они доносе до тих површина, зависи не само од даљине ученог дела  
површине до Сунца, него и од нагиба под којим Сунчеви зраци падају на тај део.  
Закон по коме се Сунчева топлота распростире по планетским површинама могуће  
је изразити математичким језиком.

Но тај се распоред мења без престанка. Планете се обрћу око својих оса, што  
изазива смену њихових дана и ноћи. Сем тога, обилазе оне око Сунца, а при том  
њихове осе не стоје управно на равнима њихових путања. То изазива годишњи ток  
распорета Сунчеве топлоте по њиховим површинама и њихова годишња доба. Ми-  
ланковић је увидео да се то све може описати математичким језиком и тако изградити  
једна математичка теорија климе, не само за Земљу, но и за све планете. Тешкоћа  
је била у томе што је требало познавати тзв. *соларну константу* или енергију која  
од управних Сунчевих зракова стиже на јединицу површине горње границе Зем-  
љине атмосфере у секунди. Но да би се израчунале и температуре свих делова Зем-  
љине површине и тако оцртале основне карактеристике њених клима, требало је још  
наћи како и у којој мери Сунчеви зраци пробијају плашт Земљине атмосфере, а  
на сличан начин и атмосфера других планета.

„С почетка је ишло све добро”, причао је Миланковић. „Пратећи Сунчеве зраке по васиони све до планетских атмосфера, ја нисам наишао на стварне тешкоће. Безваздушни планетски простор не смета ни најмање пролазу Сунчевих зракова, нити их слаби ни расипа. Али када стигох у планетске атмосфере, које расипају и делимично упијају Сунчеве зраке, као да зађох у густ шипраг. У Земљиним облацима, ја изгубих сасвим правац, и не могах даље. У то, букну први Балкански рат.

Моја Дунавска дивизија пролазила је преко Старца. Њене колоне пузале су као змије по стрмим боковима те планине. Прелаз је био врло тежак, ваљало је целокупну артиљерију изнети на рукама до на сами гребен. Тако је комора дивизијског штаба стајала скоро цео дан на истом месту. Користећи се том станком, одшетао сам до једне долине украј пута, куда није пролазила бујица војске. Ту сам сео на меку маховину испод једне старе јове, са које је, лепршајући се, опадало лишће, тихо и грациозно, као да не осећа олују рата. Пред мојим затвореним очима пролетео је цео мој живот као какав филм, одмотаван огромном брзином. Последња његова слика била је Београдска жељезничка станица. Пред њом се опраштају сви ратници са својим милима, а ја ни са ким. Не остављам никог иза себе, само један нерешени проблем.

Ова сцена ме је потресла више него што је било потребно, али је имала за последицу да сам после непуна два сата, таман кад је наш артиљериски пук прешао гребен, и сам нашао изгубљени правац својем раду”.

Први светски рат Миланковић је провео у мађарском заробљеништву. Но на заузимање његовог професора Чубера и других премештен је из Нежидерског логора и омогућен му је рад у Мађарској академији наука, где је прву етапу започетог дела са успехом и завршио, а по ослобођењу и повратку у Београд и објавио на француском под називом „*Математичка теорија шойлојних њојава ѡроузрокованих Сунчевим зрачењем*”.

Подаци израчунати за Земљу, по Миланковићевим обрасцима, савршено су се добро слагали с морем података које су метеоролози на својим станицама већ пре тога били сакупили мерењима. Миланковић и сам каже на једном месту да од овакве теорије не би било много вајде јер је она потврдила, истина први пут на математички начин, оно што је углавном и пре тога било познато, како за Земљу, тако делом и за друге планете, да он ову теорију кроз наредних неколико година није знатно продубио и проширио. Пре свега је уочио да се, због промене елемената Земљине и планетских путања услед међусобног привлачног утицаја планета, стално мења у току времена, истина полако но сигурно, распоред осунчавања и Земље и планета, који у дугим периодима доводи и до знатних климатских промена. У првом реду ове промене долазе од промене нагиба Земљине и планетских оса према равнима њихових путања, а затим и од поступне промене облика и оријентације Земљине и планетских елиптичних путања у њиховим равнинама. Ове сложене рачуне Миланковић је убрзо успешно привео крају, а затим нашао и обрасце помоћу којих се могу израчунати и температуре сваког жељеног слоја Земљине и планетских атмосфера за сва прошла и будућа времена.

#### ХРОНОЛОГИЈА ЛЕДЕНИХ ДОБА

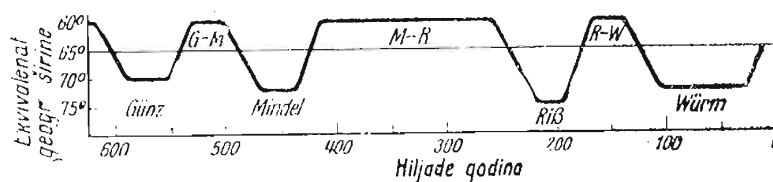
Када су ови радови дошли до руку великог климатолога Кепена, започело је велико и непомућено пријатељство између два научника. Кепен је у Миланковићевим формулама одмах открио моћно оруђе да се великим догађајима Земљине скорије прошлости, квартара, појавама ледених доба, која су из геолошких налаза била већ тада брижљиво проучена, да календар и да се за свако одреди епоха када се појавило, што пре тога није било могуће.

По Кепеновим сугестијама Миланковић је и овај сложени рачун са успехом обавио и добио криве које су се слагале са геолошким налазима, но које су сада прецизно датирале све појаве ледених доба. Овај епохални Миланковићев рад Кепен и Вегенер су уврстили у своје познато дело „Климата Земљине прошлости” о коме је Вегенер реферисао на Конгресу немачких природњака у Инсбруку 1924. године.

1926. године Миланковић је, уз помоћ Мишковића, Митриновића и Фемпла, по Кепеновој сугестији продужио своје рачуне на читавих 600 000 година у Земљину прошлост и тада се показало изванредно слагање Миланковићевих налаза са оним што су велики геолози Зергл и Еберл били утврдили из теренских налаза рашчлањавајући овај период Земљине историје на 11 изразитих ледених доба и 11 умерених периода који су се повиновали хронолошки Миланковићевим астрономским законима. У свом писму Миланковићу Зергл каже: „Ретко када су два решења једног проблема, изведена независно једно од другог и на сасвим различитим основама, дала тако подударне резултате. Тиме је астрономско рашчлањавање ледених доба доказано, а његова хронологија, које се ни на који други начин није могла решити, решена”.

О самом конгресу у Инсбруку Миланковић пише на једном месту: „Када у току свог предавања Вегенер помену моје име, поцрвенех преко ушију и одахнух душом, када се, на знак предавача, слушаоница поново замрачи. Тада се на платну појавише три криве што сам их израчунао и послао Кепену. Вегенер поче да својим штапом шета по њима и да их објашњава. Заврши овим речима.

„Од највећег значаја је то што се на тај начин рачунским путем добило рашчлањавање ледених доба које се у далекосежној мери подудара са рашчлањавањем што су га геолошким путем извршили најпознатији испитивачи ледених доба Пенк и Брикнер у области Алпа. Четири главна надирања леда што су их они утврдили, а назвали Гинц, Миндел, Рис и Вирм, оцртавају се јасно у Миланковићевој кривој, и то скоро тачно у оним добима како су их они оценили”.

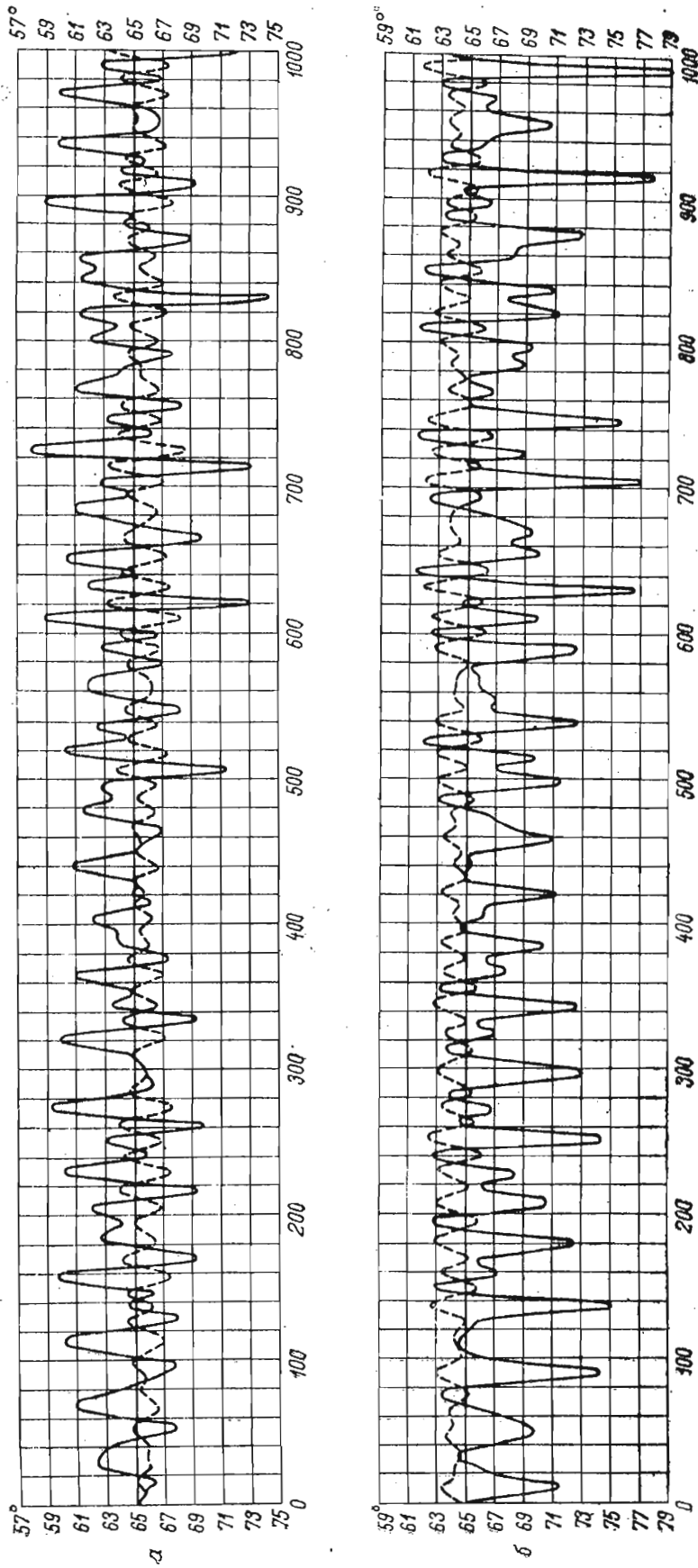


Сл 2. Главна ледена доба кварцара с њицим календаром по Миланковићу

Каснијим радовима Миланковићевим оцртана је још подробнија слика из које смо дознали да је долазило до ледених доба 589, 548, 475, 434, 231, 187, 116, 72 и 22 хиљаде година пре садашњости.

Потврде ове Миланковићеве теорије нашле су одјека још за његова живота у преко 110 научних дела и радова, где се његово име помиње преко 1000 пута, а она је преведена на све светске језике. Подстакнути новим резултатима научних истраживања и неколико данашњих научника Европе и Америке враћају се на ову Миланковићеву теорију, потврђују својим радовима њен значај и предлажу њен даљи развој и примене.

Што се планетских атмосфера тиче, васионски бродови упућени према Марсу дали су нам доста подробне податке о физичком стању појединих слојева Марсове атмосфере укључујући и њихове температуре. Оне се добро слажу с температурама предвиђеним Миланковићевом теоријом. За Венерину атмосферу ову теорију тек треба допунити, па упоредити с најновијим подацима које су нам пружиле васионске сонде.



Сл. 3. Ледена доба кроз наредних милион година (минимуми кривих) на северној и јужној Земљиној полулобљи

За саму Земљу, у новије време је Миланковићев рачун продужен за 30 милиона година уназад и на милион година унапред у СССР-у. Интересантни су доста подробни подаци које је недавно дао Телеки за последњих 5000 година које обухватају људску цивилизацију. У том раздобљу средња температура се мењала на појединим тачкама на Земљи различито, али мање од  $2^\circ$ . Висина границе вечног снега се променила највише за 300 м, а границе поларних капа помериле су се према екватору и то на северној полулопти за  $9^\circ$ , а на јужној само за пола степена.

Погледамо ли, пак, милион година у будућност, видимо да прво ледено доба треба да наступи по рачунима Шарафа и Будњикове (сл. 3) тек кроз 10 000 година. Према томе ноћас можете с те стране мирно да спавате, ако немате пречих брига.

Видели смо да се Миланковић у стварању своје математичке теорије климе задржао само на Сунчевом положају према Земљи и на променама елемената Земљине путање. Међутим, има ту и других, истина знатно мањих, али не и занемарљивих утицаја, као што су: променљивост самог Сунчевог зрачења, померања тачака на Земљиној површини, успоравање Земљина обртања и други. Према томе, учитељ је и поред свег мајсторства с којим је створио своју математичку теорију климе, оставио доста и отворених проблема у овој области, да бисмо и ми имали чиме да лупамо главу.

Кад је у питању Земља, ова се теорија, рекосмо, може још више усавршити вођењем рачуна о померањима Земљиних полова и Земљиних континената. Тиме смо управо дошли на друго епохално астрономско дело које је дао Миланковић — на теорију секуларног или вековног померања Земљиних полова.

#### СЕКУЛАРНО ПОМЕРАЊЕ ЗЕМЉИНИХ ПОЛОВА

Тек завршени Миланковићев велики научни рад, који је отворио нове видике, поставио је и један нов велики проблем: зашто вековне промене елемената Земљине путање нису и у временима пре квартара изазивале осетне промене климе? Кепен и Вегенер су на то питање одговорили да су у старијим временима Земљини полови лежали изван данашњих континената, па се на овим, због велике удаљености тих полова, појаве ледених доба нису могле ни развити. Тако је, примера ради, северни пол лежао у доба карбона далеко у Тихом океану, а екватор пролазио преко Европе. Близина екватора спречавала је свако јаче залеђивање Европе.

Зашто и како су се Земљини полови померали у толикој мери? На то питање до Миланковића не беше егзактног одговора.

Истина, још 1910. године Вегенер је на основи подударности граничних линија континената поставио хипотезу о томе да су они пре много милиона година сачињавали један јединствен пракоонтинент, који се услед поремећаја у Земљиној унутрашњости распукао и распарчао, а размицање континената се и данас веома полако наставља. Ова Вегенерова научна претпоставка потврђена је многобројним геолошким налазима, но ни данас, и поред више покушаја, није могла бити астрономски потврђена. Овом хипотезом Вегенер је тумачио вековно померање Земљиних полова објашњавајући управо обрнуто, да су полови остајали на својим местима, а да су континенти путовали, па су зато полови оцртавали по лицу Земљином само привидне своје путање.

Ово решење међутим није задовољавало ни самог Вегенера, па је, после успостављања присног пријатељства с Миланковићем и после успешног Миланковићевог решења космичког проблема о коме је до сада била реч, управо у њему видео зрелу снагу да егзактно реши и овај други велики космички проблем. 6. октобра 1924. године он му пише: „Ја бих се радовао када бисте пришли проблему померања полова, чак иако се он не може глатко решити. Већ је довољно важно и то, ако се једном утврди шта се све са теоријског гледишта може рећи о овом питању. . .”



У више консултација у самој Вегенеровој кући у Грацу, Вегенер је упознао Миланковића са грађом Земљине коре, без чега се проблем не би могао ни начети. Ту је сазнао он да чврсти Земљини континенти састављени претежно од силицијума и алуминијума пливају у својој пластичној подлози која се претежно састоји од силицијума и магнезијума, по Архимедовом закону. Полазећи од тога, после дугих размишљања Миланковић долази на сву идеју: „У свом стварном стању стрче Земљини континенти, а поготову њихови брегови, високо изнад морског дна, а још више изнад своје пластичне подлоге. Услед дневног обртања Земљиног сваки делић њихов изложен је центрифугалним силама које су тим веће уколико је уочени делић више удаљен од осовине Земљина обртања. Свака од тих сила нормално стоји на тој осовини и наперена је од ње. Када би Земљина кора била симетрично саграђена према тој осовини, онда би увек две и две такве силе биле једнаке а супротног смера, па би се узајамно поништавале. Но Земљина луска неправилног је облика, који долази до изрежаја у неједнаком распореду мјера и континената. Ова несиметрија има за последицу да ће силе које на њу делују тежити да је, сматрану као целину, помере преко њене пластичне подлоге. . .” и тако доведу до дуготрајног благог клизања Земљине луске по њеном језгру, што ће имати за последицу и вековне померање Земљиних полова по Земљиној површини.

23. августа 1925. г. Вегенер одговара: „Размислио сам о Вашој идеји и верујем да би се исплатило да је даље разрадите.”

Миланковић се, без много устезања, лађа овог турског научног посла и 31. марта 1932. г. долази већ до своје чувене диференцијалне једначине кретања Земљиних полова, коју у наредним годинама решава с обзиром на конкретне услове који владају у Земљиној кори и налази и саму путању северног Земљиног пола. По речима самог Миланковића овај се крајњи резултат његова рада на његовом другом космичком проблему може укратко овако изразити: „Пре неких 300 милиона година налазио се северни пол Земљин далеко у Тихом океану на географској ширини од  $20^\circ$  и дужини од  $168^\circ$ . То је био положај његове лабилне равнотеже, и зато је било довољно најмање померање, каквих је онда доста било, да би се почео кретати. Када се одмакао за  $1-2^\circ$ , његово кретање постаје осетније. Из почетног положаја упутио се он најпре према истоку, а затим благом окуком према северу. Брзина му је постајала све већа, да би на географској ширини од  $64^\circ$  достигла максимум. Тада је, с почетка врло полако, она постајала све слабија. Са тако смањеном брзином прекорачио је тај пол северозападни крајичак америчког континента, а са већ знатно смањеном брзином стигао је у свој садашњи положај. Смањујући све више своју брзину приближаваће се и даље својој крајњој станици, која ће налази недалеко од оног места где река Печора утиче у Северни ледени океан. И јужни Земљин пол кретао се, као антипод северног, на одговарајући начин” (види сл. 4. криву 3.)

На велику жалост ученог света Вегенер је новембра 1930. г. херојски положио свој живот у белим суровим пустињама Гренланда у својој чувеној трећој научној експедицији, па није дочекао Миланковићево решење проблема померања Земљиних полова коме је и сам припомогао, но његов таст Кепен и читава научна јавност поздравили су ово решење с одушевљењем, нарочито онда када се показало да се добро слаже са свима ранијим геолошким налазима који су могли само грубо да оцртају слику појаве, али не и да продру у њену суштину, њен механизам, њене узроке, а нарочито не у њену будућност.

Алфредов брат, познати физичар Курт Вегенер, ставио је додуше убрзо приговор на ово решење указујући Миланковићу на то да се до верне слике померања полова може доћи ако се узму у обзир и померања континената која је Алфред Ве-

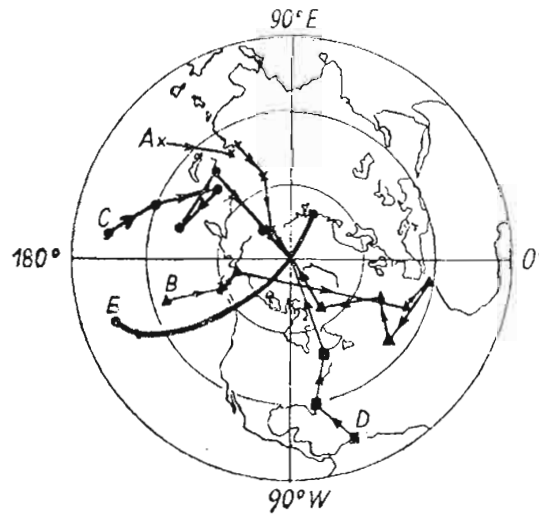
генер открио, но која је због упрошћења рачуна Миланковић у својој теорији занемарио.

Вјечеслав Жардечки је 1949. г. проширио Миланковићеву теорију и за случај континената који се померају, па није добио битне измене у Миланковићевој путањи пола, сем што је њена крајња равнотежна тачка доспела негде међу Хаваје.

Секуларно померање Земљиних полова данас је изучено и на основи *палеоклиматских налаза*, тј. на основи остатака биљака и животиња у Земљиним слојевима разне старости и на основи разноврсности минералних карактеристика у тим слојевима. Ова далеко мање тачна метода довела је ипак до глобалног, тј. грубог слагања овако нађених путања пола с Миланковићевом. То показује приближно цртеж на коме се види Миланковићева крива (3) и путање из палеоклиматских података — по Крајхгауеру (1), Кепен-Вегенеру (2) и Кепену (4).



Сл. 4. Путање сев. Земљиног пола по Миланковићу (3) и из палеоклиматских нивоа (1, 2, 4)



Сл. 5. Путање сев. Земљиног пола, по Миланковићу и из палеомагнетских података (A, B, C, D)

У најновије време путања пола се добија и на основи тзв. *палеомагнетских података*. Наиме лава и магма које избијају на Земљину површину пуне су зрнаца која се лако магнетишу. Кад се у току хлађења њина температура спусти до одређене вредности, тзв. Киријеве тачке, она се намагнетише, и то у правцу тренутног магнетног поља. Тај правац се не губи кад се стена охлади и очврсне. Он у њој остаје „залеђен”. Геолози и геофизичари налазе овакве стене, одређују њихову старост и мере правац њихове намагнетисаности. Из великог низа оваквих мерења, и то из примерака који потичу из разних геолошких доба, реконструишу они положаје Земљиних магнетних полова за које се сматра да су увек били близу Земљиних ротационих полова. На слици се види Миланковићева путања пола (E) и путање (A, B, C, D,) које су из мерених палеомагнетских података сакупљених у Америци, Аустралији, Енглеској и Индији. Ове последње се, грубо узев, међу собом слажу, али све оне одступају знатно од Миланковићеве криве.

Где је узрок неслагања? Да ли у палеомагнетској методи или у Миланковићевој астрономској теорији? Вероватно и у једној и у другој. Данас се палеомагнетској методи поставља низ замерака; на пример: да ли стена стварно задржава правац првобитне намагнетисаности, зашто се мења поларност Земљиног магнетског поља, да ли су магнетски полови увек били у близини ротационих, да ли се магнетске особине чекићем одваљених узорака стене суштински не мењају и друге. Кад ова млада наука буде отклонила овакве и друге приговоре можда ће се путање пола до којих долази приближити Миланковићевој и боље сложити међу собом?

Но и Миланковићева астрономска теорија представља само аспрокимацију, јер узима као узрок кретање коре, тј. привидног кретања полова, само несиметричност Земљиног рељефа. Читав низ узорака ту је занемарен, као што су: ширење Земље, неједнородност и несиметричност унутрашњих слојева, која је према истраживањима космичких сонди знатна, еластични напони коре, несиметрично треће Земљиног воденог омотача и коре и други. Као што видимо ни ту учитељ није све послове посвршавао да бисмо ми могли седети скрштених руку, али нам је зато широм отворио врата у велику науку. Кад и Миланковићева теорија секуларног померања Земљиних полова буде допуњена и уопштена можда ће се криве поларног кретања међу собом боље сложити? Али ни астрономи посматрачи не седе на миру. Па ипак, из посматрања 5 међународних станица које већ 80 година из мерења одређују ово кретање још се не може извести са сигурношћу секуларна путања Земљиног пола из два главна разлога. Први је што је за овако дуготрајну и спору појаву размак од 80 година сувише мали, а други је што се посматрачки програми на овим станицама мењају сваких двадесетак година. Тек у последње време измишљени су такви посматрачки програми, као што је Шеварлић-Телекијев, који омогућују далеко дужи континуитет посматрања. Кад се они буду извршили то ће свакако допринети решењу овог крупног, још отвореног научног проблема који има знатних научних и практичних примена.

#### СИТНИЈИ АСТРОНОМСКИ РАДОВИ

Поред крупних прилога науци о којима је досад било реч, Миланковић има и низ ситнијих астрономских радова. Иако су неминовним, и у наше време циновским развојем науке, они углавном надмашени, у своје време представљали су они индустријске мање продоре. Поменимо његов покушај да изучавањем кретања двојних звезда учини позитиван прилог Ајнштајновој теорији релативности.

#### РЕФОРМА ЈУЛИЈАНСКОГ КАЛЕНДАРА

Код великих научника опус је већином веома разноврстан. То је случај и с Миланковићем. С подједнаким успехом бавио се он и проблемима хронологије. После Првог светског рата и наша је земља била заинтересована за проблем реформе јулијанског (или старог) календара, која би била боља и ближа природи од грегоријанске реформе, од тзв. новог календара, али тако извршена да се, из практичних разлога, што више векова поклапа с грегоријанском, па да од ње одступи полако тек онда кад грегоријански календар почне да одступа од природне појаве Земљиног кретања око Сунца, као основне на којој се заснива сваки сунчани календар па и јулијански и грегоријански.

Овај проблем решаван је маја 1923. г. на Свеправославном конгресу у Цариграду, где је Миланковић био представник наше државе. После дугих расправа

конгрес је усвојио Миланковићев предлог реформе јулијанског календара заснован на астрономској науци, а који је испунио напред поменуте унапред постављене услове. Миланковићева реформа се састоји у овоме:

Обичне године и у Миланковићевом календару имају по 365 дана. Свака четврта је преступна са 366 дана, али, за разлику од грегоријанског календара, од секуларних година (тј. оних којима се завршавају векови и које имају на крају две нуле) биће у Миланковићем календару преступне не све као у грегоријанском, већ само оне које деобом са 9 дају остатак 2 или 6. По том правилу, до кога га је довео дебео астрономски рачун о коме овде не може бити говора, добива се дужина средње календарске године од 365,2422 дана, па је тако она само за 2 секунде дужа од садашње тропске или природне године као времена Земљина обиласка око Сунца.

Примера ради, у јулијанском календару преступне године биће оне које су у првом реду на табли подвучене (тј. све секуларне године), у грегоријанском биће преступне само оне које су подвучене у другом реду, а у Миланковићевом само оне које су подвучене у трећем реду:

<u>2000</u> , <u>2100</u> , <u>2200</u> , <u>2300</u> , <u>2400</u> , <u>2500</u> , <u>2600</u> , <u>2700</u> , <u>2800</u>
<u>2000</u> , <u>2100</u> , <u>2200</u> , <u>2300</u> , <u>2400</u> , <u>2500</u> , <u>2600</u> , <u>2700</u> , <u>2800</u>
<u>2000</u> , <u>2100</u> , <u>2200</u> , <u>2300</u> , <u>2400</u> , <u>2500</u> , <u>2600</u> , <u>2700</u> , <u>2800</u> .

Следствено овом основном правилу, Миланковић је дао затим и тачнија правила од досадашњих за израчунавање датума ускрса и осталих покретних празника.

Реформа званично никад није усвојена на међународном плану, па чак ни од свих православних цркава из политичких разлога, но са научне стране Миланковићев календар представља и данас најсавршенији од свих досадашњих.

#### УНИВЕРЗИТЕТСКИ УЏБЕНИЦИ

Поред наставничких и друштвених обавеза на Универзитету у Српској академији наука и уметности и другде, и поред значајног научног дела, Миланковић је нашао времена и да напише 3 веома оригинална универзитетска уџбеница. За разлику од многих знаменитих научника који овај рад подцењују, он је говорио: „Добри уџбеници први су услов успешне великошколске наставе”.

Познато је да је Миланковић с великом љубављу увод у свој курс небеске механике посвећивао историји астрономске науке. „Свака наука, говори је он, може се само онда потпуно схватити и прозрети када се упозна и њен историјски развитак”. У свом сажетом, али изванредно документованом и занимљивом уџбенику „*Историја астрономске науке од њених првих почетака до смрти Њуџнове 1727. г.*” изложио је он све важније ауторе и открића из овог великог раздобља уносећи и неколике нове прилоге, на пр.: разгледивање улоге Аристархове у развоју хелиоцентричне мисли или доказ да је Аполоније створио своју знамениту теорију епикала полазећи од хелиоцентризма, а не од геоцентризма, као што се пре њега сматрало итд.

Други и најважнији његов уџбеник је „*Основи небеске механике*” чије је прво издање изишло још 1935. г., а после рата два скраћена издања. И у њему је Миланковић био оригиналан. Пре свега, један је од првих научника у свету који је ову науку разрадио на основи теорије вектора и тако је у најмању руку три пута сажео, скратио, упросто и учинио очигледнијом, за шта је добио и инострана признања.

Но он је пошао ту и корак даље, па је место 6 бројчаних елемената којима се одређују елиптичне путање небеских тела Сунчева система, и не само њих, увео само два векторска чиме је знатно упростио и учинио елегантнијим сва решења у овој области.

Трећи је његов уџбеник, опет оригиналан, сажета и мајсторски упрошћена његова математичка теорија Земљине и планетских клима под називом „*Астрономска теорија климатских промена и њена примена у геофизици*”. Писан је за последипломце и докторанде. На његовом крају дат је списак 20 научних дела и 90 расправа научника свих земаља у којима је примењена ова његова теорија.

#### РАД НА ПОПУЛАРИЗАЦИЈИ НАУКА

Не бих пружио потпуну слику о овом нашем великом научнику, нити се одужио успомени свог учитеља, ако на крају не бих поменуо и једну област, толико занемарену, па чак и презрену од великана науке — то је област популаризације науке или, боље речено, рад на народном просвећивању. И у њој је Миланковић био велики мајстор, не само по умећу правилног избора материје и њеног јасног тумачења, наго и по бриљантном књижевном стилу и течним и неусиљеним дијалозима. Написао је више књига ове врсте, нарочито после рата, но остаће задуго у памћењу како свију нас тако и потоњих поколења његово ремек-дело ове врсте „*Кроз васиону и векове*”, које је изишло у 4 наша и два инострана издања. Ту нам он доводи живо пред очи призоре и сцене из Старе Грчке, Александрије, Рима, као и средњовековне и ренесансне Европе везане за велике астрономе и њихова открића. У њој нам он пророчански, али верно, говори о савременој астронаутичкој ери и њеним подвизима још много пре но што је она била започела.

Поред многих других обележја стогодишњице Миланковићева рођења, Издавачка кућа „Нолит” ових дана предаје читаоцима пето домаће издање ове његове незаборавне књиге, попуњено новијим открићима и сазнањима, па ће је, уверен сам, у данима кад се сећамо Миланковића, моћи читати са новим задовољством и они који су је већ једном или више пута прочитали, као и нови нараштаји заинтересовани за научна открића.

*Проф. Др Бранислав Шеварлић*

#### НЕБЕСКА МЕХАНИКА И ЊЕНА ПРИМЕНА У ДЕЛИМА М. МИЛАНКОВИЋА

Милутин Миланковић има само неколико научних резултата на пољу „чисте” небеске механике, односно резултата који не улазе у састав примене небеске механике на проблематику климатологије и ледених доба.

Први такав рад (1) односи се на три тела која се крећу без икаквог дејства спољних сила, већ само под дејством сила привлачења (без обзира на то да ли је распад првобитног тела настао одједном или у две фазе). Основни резултати тог рада су: постојање интеграла површине и постојање заједничке тачке у којој се секу сва три правца моментаних релативних кретања тела. При томе унутарње силе не морају бити чак ни силе гравитације, већ макакве континуирано дејствујуће силе, које подлежу принципу акције и реакције.

У следећем раду (2) показано је да се правци сила гравитације које дејствују на три тела такође секу у заједничкој тачки, коју је назвао *пол правцаације*. У слу-

чају када су силе привлачења пропорционалне масама и зависне само од растојања тела, тј.  $F = F(a)$ , као услов за поклапање тежишта и пола гравитације налази

$$\frac{F(a)}{a} = \frac{F(b)}{b} = \frac{F(c)}{c}$$

при чему су  $a, b, c$  међусобна растојања три тела. Из тога следи услов  $a = b = c$  не само у случају Њутновог закона гравитације, већ и са сваким законом привлачења где је интензитет силе  $F(a) = a^n$ .

Како је  $a = b = c$  такође довољан услов за постојање егзактних решења у проблему три тела, Миланковић је овим нашао једноставан критериј за постојање егзактних решења проблема три тела (не само за случај  $F(a) = a^{-2}$ , већ уопште за случај  $F = a^n$ : потребно је и довољно да се пол гравитације и тежишта на три тела поклапају).

Коришћење симетричности кретања (одн. симетричности поља) ради добијања квалитативних решења садржај је рада (3) из кинематике, али су резултати употребљиви и код проблема небеске механике, јер се данас масовно производе фамилије периодичних решења, полазећи управо из симетричности путање. Не можемо улазити у детаље, али се може истаћи да ће кретање тачке имати периодичан карактер ако она пролази кроз два разна положаја кинематичке симетрије. Из тога он конструиса одређене категорије периодичних решења за кретање мобилне тачке у разним случајевима потенцијалног поља.

#### МИЛАНКОВИЋЕВ СИСТЕМ ВЕКТОРСКИХ ЕЛЕМЕНАТА

Али значајне доприносе Миланковића небеској механици представљају његова векторска обрада основа небеске механике и увођење векторских елемената путање планете.

Векторску обраду почиње већ у поменутом раду (2), наставља је кроз наставу на Универзитету (4), а објављује делимично у Handbuch der Geophysik (13) и у Капон (19) (гл. II), док не добије коначну форму у сажетом уџбенику (20). У међувремену уводи векторске елементе путање, управо на бази векторских интеграла

$$\vec{C} = \vec{r} \times \vec{v}, \quad \vec{D} = \vec{v} \times \vec{C} - \eta \vec{r}/r$$

и Кеплерове једначине

$$\eta u - D \sin u = n(t - \tau).$$

Скаларни елемент (време пролаза планете кроз перихел) увео је услед тога што два вектора  $\vec{C}, \vec{D}$  чине само 5 независних скалара (јер је  $\vec{C} \cdot \vec{D} = 0$ ). Тако је настао систем елемената  $(\vec{C}, \vec{D}, \tau)$  планетских путања, који се и среће у литератури под именом Миланковићев систем векторских елемената.

Нашао је такође једначине поремећаја тих векторских елемената. Ради тога је користио тзв. Лагранжеове заграде, па је показао да је ове заграде могуће наћи много једноставније за координате његових векторских елемената, него ли за сферне елиптичне елементе.

Даље је утврдио (19, 20) да класична теорија секуларних поремећаја користи заправо векторске елементе путање јер се једни своде на друге кад се одбаце други и виши степени нагиба и ексцентрицитета. То му је омогућило да и код неких проб-

лема осунчавања Земље у потпуности користи класичну теорију секуларних померања.

### СЕКУЛАРНО ПОМЕРАЊЕ ПОЛОВА

Ротација Земље и положај њене осе у простору морали су заокупити пажњу Миланковића због реперкусија које могу имати на осунчавање Земље.

Он је најпре савременим средствима векторске анализе обрадио кретање Земљине осе под утицајем спољних сила и екваторског прстена, полазећи од тога да је Земља чврсто тело. Добио је класичне резултате о процесији и нутацији, али никакве секуларне промене положаја пола. Кад је увидео да се ништа ново не добија ни под претпоставком да је Земља течна, морао је да тражи решење на другој страни.

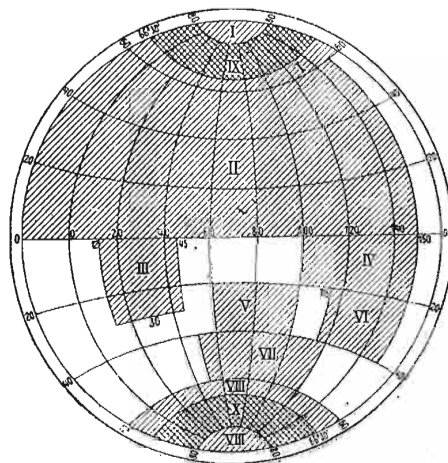
Чињенични материјал геофизике, а и Вегенерова теорија померања континента, чинили су највероватнијом претпоставку да је главнина Земље флуидална, а да по тој флуидалног маси, названој *сима*, плочи танак слој Земљине коре, назван *сиал*. Они се налазе сваког момента у изостатичној равнотежи, па су поједини делови сиалне љуске уроњени различито (у зависности од дебљине љуске и специфичне тежине на том месту) у флуидалном масу.

Полазећи управо од такве претпоставке, Миланковић проналази допринос сиалне љуске моменту инерције целе Земље, замишљајући сиалну љуску издељену на призматичне стубиће. Када би сиални покривач био симетричан (у односу на осу ротације) стање равнотеже било би статично. Међутим, услед динамичне несиметрије, изостатична равнотежа се јавља само као трајна тенденција, тенденција прилагођавања сиала ка сими, а као последица тога јавља се мала стална сила која тежи да континенте помера ка екватору (иако мала, ипак око 12,7 пута већа него укупно плимско дејство Сунца и Месеца). Једино од битних својстава флуидалне масе је то да је она врло отпорна на велике силе, али попушта под дуготрајним дејством силе, макар ова била и мала.

За брзину тог померања добије коначно

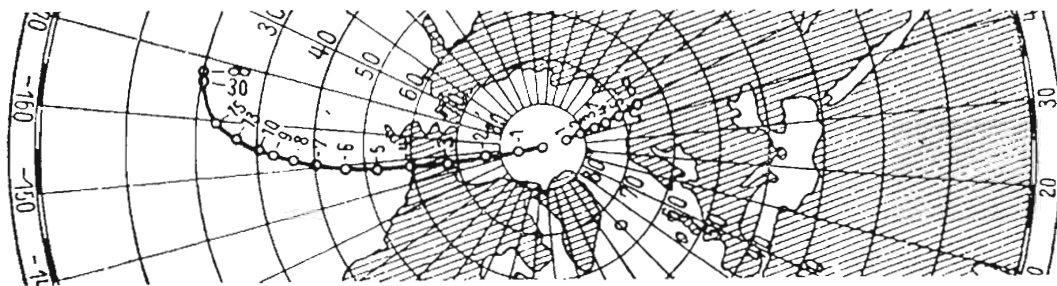
$$\vec{v} = n \cdot \text{grad } \Omega$$

при чему је  $n$  одређена константа, а  $\Omega$  је функција скаларног поља. То је векторска основна једначина секуларног померања полова (14). Ова његова једначина омогућила



Сл. 1.

Шема сферних четвороуглова за породичне и приравнаје континенте



Сл. 2.

Секуларна кретања северног пола ротације Земље (у посебним временским јединицама)

је да нађе секуларно кретање северног пола Земље, тачније померање положаја синалног покривача преко језгра (симе).

За случај да се ова функција пола не мења са временом, Миланковић је интегрирао своју једначину кретања полова. Али одређивање бројчаних вредности, за поједине константе које се јављају у решењима, захтева коришћење многих (познатих и недовољно познатих) својстава Земљине коре. Да би добио што тачније вредности Миланковић је пошао (15, 19) од константног стања функције на нивоу мора, продуженом испод свих континената, па тражио посебно допунски утицај континената.

Континентални део је, уз што је могуће реалније приравнавање континената и њихово делимично издужење преко морских површина, поделио на десет великих сферних четвороуглова. Интеграцијом по тим четвороуглима добија допринос по јединих континенталних делова моментима инерције.

Након тога је успео одреди да приближне вредности разних константи које улазе у једначине кретања, што је омогућило да се утврди динамика кретања дуж нађене поларне криве — 25 тачака на површини Земље у одређеним временским тренуцима. Што се тиче употребљене временске јединице, још нема довољно сасвим поузданих података и из посматрања Међународне службе ширине, долази до закључка да сва јединица износи приближно 4,5 милиона година.

Једна од значајних последица овог одређивања путање пола у далекој прошлости је објашњење услед чега се близу садашњег северног пола налазе велике наслагае камсног угља. Наиме, из Миланковићевих рачуна следи да је ту пролазио Земљин екватор у доба карбона.

### ОСУНЧАВАЊЕ ЗЕМЉЕ

Но, оно што је Миланковића учинило познатим у целом научном свету, то је његово разрешење загонетке ледених доба.

Пошто је више научника већ покушало да реше проблем осунчавања Земље и добило резултате чија је рачунска примена знатно одступала од стварног стања, Миланковић је преузео проблем од самог почетка (8), јасно раздвојивши најпре астрономски део проблема (непосредна инсолација) од физикалног дела проблема (утицај атмосфере и тла). Након утврђивања како количина топлоте у кратком временском размаку зависи од зенитне даљине Сунца и од раздајине посматране јединичне површине Земље до Сунца, Миланковић смешта јединичну површину на одређену паралелу и уводи појам *средња инсолација паралеле*, водећи рачуна и о дужини дневне инсолације те паралеле. На тај начин успева да избегне дисконтинуитет који се јавља у формулама за осунчавање, услед смене осветљене и тамне стране Земље.

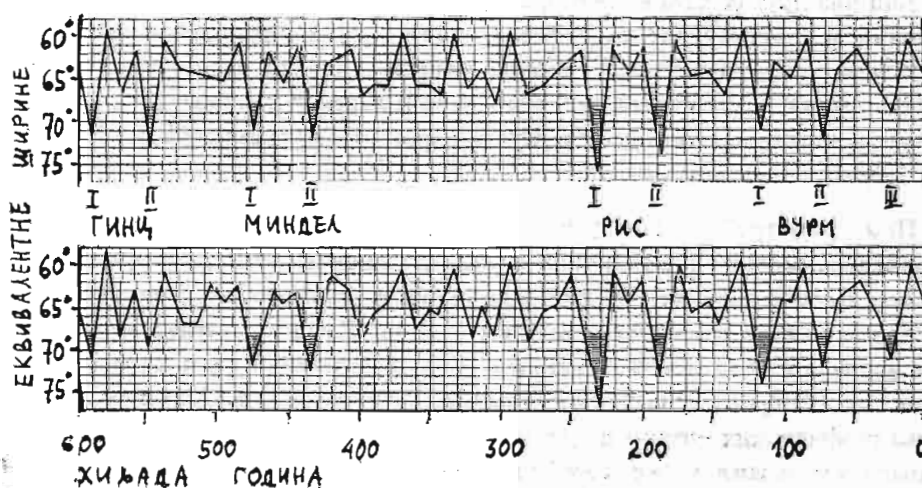


За промене инсолације у току једног дана полази од средњих вредности даљине до Сунца и деклинације Сунца, па им додаје мале линеарне дневне корекције. У годишњем периоду то није довољно, већ мора да користи малу вредност ексцентрицитета Земљине путање, па — уз помоћ развијања у ред и занемаривања само онолико колико је за решење нужно — изражава све променљиве величине као функције времена.

Овај поступак му је омогућио да интеграцијом дуж произвољног лука Земљине путање (водећи рачуна о променама које за то време могу настати) добије израз за *средњу количину топлоте која пада на одређену паралелу* док Земља превали тај део путање. Посебно се задржава на луцима путање који одговарају сваком годишњем добу на северној и јужној хемисфери, истичући неједнакост трајања годишњих доба и компликације које та неједнакост изазива у приказивању термичких прилика једне и друге хемисфере.

Преко формула за количине топлоте које у току године примају северна и јужна полукугла Земље у току летњег и зимског полугођа, и формула за количину топлоте на одређеном упореднику, посебно за арктичку зону, посебно за неарктичку зону, Миланковић добија нумеричке вредности (19) стр. 5° северне географске ширине, према садашњем стању величина које улазе у ове формуле. Међутим, кад те формуле треба применити на далеку прошлост, долазе до изражаја секуларне промене елемената путање. Анализом својих формула, Миланковић је показао да примљене количине топлоте зависе секуларно само од ексцентрицитета путање ( $e$ ), лонгитуде перихела ( $\pi$ ) од пролетње тачке и нагиба осе ротације ( $\epsilon$ ). Зависност од промена прва два елемента показала се једноставном (могућа је линеаризација), док је зависност од нагиба знатно компликованија. Кад је све изразио у зависности од промена нагиба, дошао је до формула помоћу којих су секуларне промене осунчавања могле бити изражене у функцији од секуларних промена елемената путање.

Услед неједнакости астрономских годишњих доба, рачуни за секуларна осунчавања били би врло обимни и сувише зависни од секуларних промена почетка и трајања годишњих доба. Из тога се Миланковић избавља (9) увођењем појма *калорично полугође* — делови године у којима одређени упоредник прими осунчавањем



Сл. 3.

Амплитуде секуларних промена летњег осунчавања на 65° северне географске ширине — горе према Сјоквелој мјетоди — доле према Леверјевој мјетоди

једнаке количине топлоте. Након разних трансформација изводи врло једноставне формуле за промену количине топлоте која настаје осунчавањем у зимском и летњем полугођу.

Топлота која пада на Земљу не користи се сва, па према томе морају се решити и проблеми простирања топлоте кроз атмосферу и кроз горње делове Земљине коре, да би се видело како се осунчавање одржава на температурама појединих тачака на Земљи.

Миланковић је најпре (5) решио проблем преношења топлоте од површине Земље ка њеној унутрашњости (до дубине од 10 метара, где је температура већ скоро константна), или у супротном смеру. Он је одмах овде показао врхунски дар усклађивања строгих математских формула и једначина са њиховим приближним формама, онима које допуштају решење.

Нађена функција простирања топлоте, упрошћена уз само најнужнија занемаривања, а уз коришћење вредности коефицијената које су у складу са најновијим емпиријским резултатима, омогућује да се израчунава средња температура тачака на Земљи, као и промене количине топлоте које настају на површини услед провођења топлоте.

Овај проблем је посматрао и нешто општије (6, 7). Ту долазе најпре диференцијалне једначине за зрачење у атмосферама планета, дакле за било коју планету, затим упрошћења која у тим једначинама настају услед основних својстава Марсове атмосфере и интеграције тих једначина — најпре под претпоставком стационарног стања радијације, а затим апроксимативно за случај када се то стање мења. Много је непознатих функција, много једначина које треба решити, па Миланковић то чини корак по корак, користећи стално граничне услове и физичке законе којима се померавају величине са којима оперише, уводећи понекад и претпоставке (што је могуће ближе фактичном стању) ради омогућења решења. Након много тога, добио је готове изразе за температуру на површини Марса као и израз за функцију која даје количину топлоте коју зрачи јединична површина на Марсу. Али теоријска подлога ових радова важи и за друге планете (8).

Још низ других питања је разрађивао (10, 11, 12, 19) у вези с тим: веза између инсолације и температурне хидросфере, дејство брзине ротације планете на температуру њене површине, утицај просечне садржине водене паре у атмосфери на њен термички састав, рефлексiona моћ атмосфере и леденог покрива итд. Али то је и физички, а не астрономски, део свеукупног проблема ледених доба, па се због тога на њему нећемо више задржавати.

При крају треба напоменути да су већ први рачуни осунчавања (8), изведени без решења неколико геофизичких проблема, само на бази секуларних варијација елемената путање нађених Стоквеловом методом, показали врло велику сагласност са палеонтолошким подацима о леденим добима. Касније рачунате секуларне варијације елемената Леверијеовом методом (и са побољшањем маса планета) нису промениле (16, 17) суштину сагласности рачуна са чињеницама. Али су с друге стране решења геофизичких питања допринела да се запазе неке дотад неизражене нијансе у кривама осунчавања, које су се у још више детаља слагале са налазима палеонтолога. Шта више, неке нијансе, као нпр. различавање последњег леденог доба, прво су се виделе на кривој Миланковића, па је то помогло палеонтолозима да нађу објашњење за неке чињенице које су већ имали, али чији смисао нису били успели да разјасне.

Овом применом небеске механике на једну научну област делеку од астрономије и математике, М. Миланковић је дао врло велики допринос, јер је створио егзактну астрономску теорију климе и календар *Земљине прошлости* за 6000 столећа пре 1800 године.

Проф. Др Бож. Појовић

ПОПИС ЛИТЕРАТУРЕ

- 1) „Особине кретања у једном специјализованом проблему трију тела”, ГЛАС Српске Краљевске Академије, књ. LXXIX, 218—222 (1910).
- 2) „О оптичим индиферентима проблема п тела”, ГЛАС СК Академије, књ. LXXXIII (1911), 156—196.
- 3) „О кинематичкој симетрији и њеној примени на квалитативна решења проблема динамике”, ГЛАС СК Академије, књ. LXXXV, (1912), 109—163.
- 4) „Небеска механика”, Универзитетски уџбеник, Београд, 1935.
- 5) „Прилози теорији математичке климе”, ГЛАС СК Академије, LXXXVII, (1912), 136—160.
- 6) „О примени математичке теорије спровођења топлоте на проблем космичке физике”, RAD ЈАЗУ, књ. 200 (1913), 109—131.
- 7) „Испитивања о клими планете Mars”, RAD ЈАЗУ, књ. 213 (1916), 64—96.
- 8) „Théorie mathématique des phénomènes thermiques produits par la radiation solaire”, Gauthier Villars et Cie (Paris) i ЈАЗУ (Zagreb) 1920.
- 9) „Калорична годишња доба и њихова примена у палеонтолошком проблему”, ГЛАС СК Академије, књ. CIX (1923), 1—30.
- 10) „Испитивања о термичкој конституцији планетских атмосфера”, ГЛАС СК Академије, књ. CXX (1926), 19—34.
- 11) „Астрономска теорија секуларних варијација климе” ГЛАС СК Академије, књ. CXLIII (1930), 27—89.
- 12) „Mathematische Klimalehre und astronomische Theorie der Klimaschwankungen”, Handbuch der Klimatologie, Band I, Teil A, Berlin (1930), 1—176.
- 13) „Stellung und Bewegung der Erde im Weltall”, Handbuch der Geophysik, Band I, Abschnitt II, 69—138 (Glave VII—XI) Berlin, 1931.
- 14) „Sekulare Polverlagerungen”, Handbuch der Geophysik, Band I, Abschnitt VII, 438—500 (Glave XXV—X VIII), Berlin 1933.
- 15) „Нумеричко израчунавање секуларне кретање Земљиних полова ротације”, ГЛАС СК Академије, књ. CLIV (1933), 3—38.
- 16) „Нови резултати астрономске теорије климатских промена” ГЛАС СК Академије, књ. CLXXV, (1937), 1—42.
- 17) „Astronomische Mittel zur Erforschung der erdgeschichtlichen Klimate”, Handbuch der Geophysik, Band I, Lieferung 3, 593—698 (Glave 25—30), Berlin 1938.
- 18) „О употреби векторских елемената у рачуну планетских поремећаја”, ГЛАС СК Академије, књ. CLXXXI (1939), 1—72.
- 19) „Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem”, Posebna izdanja SK Akademije, C XXIII, Beograd, 1941.
- 20) „Основи небеске механике”, Универзитетски уџбеник, Београд, Просвета 1947.

## MILANKOVIĆEV DOPRINOS ASTRONOMSKOJ TEORIJI LEDENIH DOBI

Profesor Dr Milutin Milanković, dugi niz godina predavao je na beogradskom univerzitetu teorijsku fiziku (primenjenu matematiku), nebesku mehaniku, sfernu astronomiju i istoriju astronomskih nauka. Između njegovih mnogobrojnih radova mogu se izdvojiti oni koji su ga učinili pionirov u jednoj oblasti, a to je oblast radova o astronomskom datiranju ledenih dobi.

Dugogodišnjim geološkim ispitivanjima dokazalo se da je naša Zemlja u svojoj prošlosti doživela velike klimatske promene koje su našle svoj najjači izražaj u pojavi ledenih doba. U planinskim predelima spustila se tada granica večnoga snega za približno 1200 metara, tako da su ogromni delovi kontinenata bili pokriveni debelim slojem leda. Te klimatske promene odigrale su se, u izvesnom smislu periodično, a deskriptivne nauke uspele su da daju obaveštenja o rasprostranjenju i o uzastopnosti tih ledenih dobi, ali nisu uspele da objasne uzroke njihovog nastanka. Razlog je u tome, što objašnjenje ovih uzroka leži van vidokruga deskriptivnih nauka.

U zakoniku naše vasion, pored Njutnovog zakona gravitacije ne manju ulogu igra zakon širenja toplotne snage Sunca. Kao što zakon gravitacije objašnjava uzroke kretanja nebeskih tela, tako i zakon širenja toplotne snage Sunca objašnjava koliko toplote pada na uočeni deo planetske površine, specijalno na pojedine uporednike naše Zemlje. I prvi i drugi zakon kazuju da Sunčevo dejstvo zavisi obrnuto od kvadrata rastojanja, ali da zakon širenja toplotnih količina zavisi i od ugla pod kojim zraci padaju na uočeni deo Zemljine površine. Na osnovu ovih zakona prostiranja toplote po Zemlji, moglo bi se matematičkim obrascima obuhvatiti raspored osunčavanja Zemljine površine. No potrebno je objasniti — a to je naročito važno — i vremenski raspored toplotnih količina. Jer, u toku vekova menjala se i putanja Zemlje i nagib Zemljine ose, tako da je isti deo Zemlje, u istom godišnjem dobu, bio različno osunčan u toku vekova. Kada bi se pronašla veza između pobrobrojanih astronomskih elemenata, dakle izduženosti (ekscentriciteta) Zemljine putanje i nagiba ekliptike sa intenzitetom Sunčevih zrakova, tada bi se mogao matematičkim jezikom opisati tok temperaturnih pojava koje su se odigrale na našoj planeti.

Već u 19. veku se pokušalo da se pojave ledenih doba objasne astronomskom teorijom. Međutim, nijedna od postojećih teorija — pomenimo samo teoriju Ademara, Krola ili Hargriva — nisu dale zadovoljavajuće objašnjenje. Svaka od ovih teorija ispoljavala je izvesne nedostatke, pa rezultati nisu mogli dobiti definitivan karakter. Kada je Milanković pristupio problemu ledenih dobi, on je uspeo najpre da uvidi razloge što i predstavnici egzaktnih nauka nisu mnogo uradili u tom smislu, a zatim da da ideju kako bi se nedostaci postojećih teorija mogli ukloniti.

Jedan od najvažnijih razloga što teorija uopšte nije mogla biti razrađena jeste taj što se nije znala tačna vrednost solarne konstante. Ta konstanta predstavlja broj kalorija koje padaju na 1 cm<sup>2</sup> u minuti, a na srednjem rastojanju Zemlje od Sunca. Napred pomenute teorije počele su tek onda nicati kada se donekle utvrdila vrednost solarne konstante. Naime, Sunčeva površina pokazuje razne nejednakosti usled pojave pega. No pošto, ravan Zemljine putanje ne može da napusti oblast između  $-7^{\circ}10'$  i  $+7^{\circ}10'$  heliografske širine, budući da taj ugao zaklapa ona sa Sunčevom ekvatorom, išlo se za tim da se odredi srednja vrednost intenziteta Sunčeve radijacije iz te zone, kao i njene promene. Pokazalo se da su te promene nemerljivo male i da one nisu promenile srednju vrednost intenziteta ni u ogromnom intervalu Zemljine prošlosti. Stoga se takva vrednost može smatrati konstantnom. Valja napomenuti da je trebalo dugo vremena dok je opažanjima pošlo za rukom da se odredi vrednost solarne konstante, 1,946 gramkalorija.

Milanković je najpre hteo da svoje račune učini nezavisnim od pomenute vrednosti solarne konstante, jer nije tu vrednost smatrao za neki konačan rezultat. Stoga je on u

svojim računima uzeo solarnu konstantu za jedinicu, pa je tek na kraju uzeo za nju okruglu vrednost 2, uverivši se da njene eventualne promene ne bi mogle da utiču na račune koji se odnose na vremenski interval od 650 000 godina unutar koga je on istraživao. Kao drugu važnu stvar Milanković je uočio da za postanak ledenog doba važnu ulogu igra ne stroga zima, već slabo osunčavanje u toku letnje polugodine, kada Suncu nije moguće da otopi snežni pokrivač nagomilan u toku zime. Usled toga, sneg će se sve više gomilati kroz izvesan broj godina. No jednu teškoću predstavljao je pojam „polugodina”. Astronomska letnja polugodina je vremenski interval između dve ravnodnevnice, od 21. marta do 23. septembra. On iznosi oko 186 dana. Međutim, zimska polugodina, interval od 23. septembra do 21. marta sledeće godine iznosi oko 179 dana. No ova razlika od 7 dana nije u toku vekova bila ista, već se ona usled promene eskcentriciteta Zemljine elipse znatno menjala, tako da je bilo perioda kada je ova razlika iznosila čak 32 dana. O ovome je potrebno dobro voditi računa ako se uzme u obzir da je trebalo izračunavati osunčavanja u toku letnje polugodine. Stare teorije vodile su računa samo o godišnjem osunčavanju. Milanković je sada došao na ideju da uvede pojam „kalorična” polugodina. To je onaj period koji obuhvata sve one uzastopne dane u kojima je osunčavanje pojedinog uporednika veće od makojeg dana one druge polugodine. Kalorična polugodina iznosi  $182^d 14^h 54^m$ , a uvođenje takvog pojma je znatno uprostilo Milankovićeve račune.

Teorija ledenih dobi je vrlo složen problem. To je iz razloga što njegovo rešenje iziskuje rešenja čitavog niza problema iz raznovrsnih oblasti egzaktnih nauka pomenutih u početku ovog izlaganja. Bio je srećan slučaj da je Milankovićeva katedra obuhvatala baš ove naučne discipline. Stoga je on mogao uspešno uočiti problem i uvideti njegov značaj.

Milanković je dakle pristupio izračunavanju osunčavanja Zemljinih uporednika kao i promena toka osunčavanja, ali posebno za letnju, a posebno za zimsku polugodinu (kaloričnu). Odredio je emaniranc toplotne količine za svakih  $5^\circ$  geografske širine, od  $-75^\circ$  do  $+75^\circ$ , a za minulih 560 000 godina. Za rešavanje problema glacijacije trebalo je odrediti vrednosti ekscentriciteta Zemljine putanje, longitude perihela i nagiba Zemljine ose prema ekliptici, i to za svakih 5 000 godina. Bilo mu je potrebno 390 informacija o astronomskim elementima. Problem određivanja ovih elemenata je jedan od najtežih u nebeskoj mehanici. Već Lagranž i Laplas su imali rešenje toga problema, ali se onda još nisu znale mase Urana, Naptuna i Plutona, a ni mase poznatih planeta još nisu bile dovoljno tačno određene. No Lagranž je u svojim računima predvideo mogućnost za korigovanje rezultata ako se tačnije odrede mase. Prvi je Leverije sa uspehom koristio pomenute rezultate i uzorno izvršio račune, uzevši u obzir i masu Urana i pokazavši da će masa po njemu pronadenog planeta Neptuna neznatno perturbirati efekat njegovih rezultata. U sličnom smislu radio je i Stokvel, ali su obojica računali varijacije astronomskih elemenata za razmerno kratke vremenske intervale. Tek je Pilgrim to učinio za duge intervale, služeći se Stokvelovim rezultatima. Njegovim rezultatima koristio se i Milanković, no kasnije se poslužio Miškovićevim rezultatima. Profesor Dr Vojislav Mišković bio je tadašnji upravnik Astronomske opservatorije u Beogradu. On je koristio Leverijeove račune, kao pouzdanije, ali je izvršio korekture prema novim saznanjima o planetskim masama. To je učinio uz saradnju svojih asistenata, Dragoslava Mitrinovića i Stanimira Fempla. Računi su trajali skoro tri godine. Mišković je odredio i stepen tačnosti kojom su izvršeni računi.

Na osnovu izloženih rezultata mogao je Milanković da pristupi svojim računima i tako je stvorena matematička teorija klime. Pomenimo još i ovo. Kod izračunavanja toplotnih količina u toku jedna polugodine, ove su bile izražene jednim zbirom od onoliko integrala koliko je bilo boravaka Sunca iznad horizonta nekog uočenog mesta. To bi bio ogroman posao pa se Milanković poslužio pojmom srednjeg osunčavanja. Pokazalo se da ono zavisi samo od obrtanja Zemlje oko Sunca, a ne od njenog obrtanja oko svoje ose.

Za empiričare je ovakav način rešavanja problema glacijacije bio skoro neprihvatljiv. Da bi se doznalo šta se odigralo na Zemlji, udarilo se putem preko Sunca. „Mesto kroz vrata, ulazilo se u crkvu kroz toranj”. No Milanković je pokazao u svojim računima da je u toku geološkog kvartara bilo 8 ledenih dobi, tačno onoliko koliko ih poznaje geologija. Šta više, u njegovim računima reprezentovani toplotni minimumi odaju i dvostruku raščlanjenost glacijalnih perioda Ginca, Mindela i Risa, kao i trostruku raščlanjenost periode Wirm. Usled ovakvog slaganja između rezultata dveju sasvim različitih nauka, geologije i astronomije, teorija profesora Milankovića bila je prihvaćena od ogromne većine naučnika. Na sednici akademije nauka u Rimu 1949. godine, ova teorija je odnela punu pobjedu.

Toplotne količine u Milankovićevim tablicama izražene su jedinicama koje je on nazvao kanoničkim jedinicama. Takva jedinica se dobija ako se solarna konstanta odačere za jedinicu toplote, a stohiljaditi deo godine za jedinicu vremena (oko 4,5 minuta).

Milanković je iz dobijenih svojih formula za tok osunčavanja izvukao i neke značajne zaključke: 1°. Priraštaj nagiba ekliptike umanjuje geografske opreke osunčavanja između pola i ekvatora, a pojačava vremenske opreke između leta i zime. 2°. Dejstvo promene ekscentriciteta i longitude perihela izražava se u promenama dužina astronomskih godišnjih dobi, što utiče na sezonske opreke astronomskih polugodina. 3°. U polarnim krajevima se nadmoćno ispoljavaju sekularne promene nagiba ekliptike i imaju jednostruko oscilatoran karakter, istoga smisla za obe hemisfere. U ekvatorskim krajevima su sekularne promene ekscentriciteta i longitude perihela, dakle promene dužine godišnjih dobi, nadmoćno ispoljene. Osim toga, u ovim krajevima ima osunčavanje dvostruko oscilatoran tok, obrnutog smisla na obema hemisferama. Na srednjim geografskim širinama, naročito na širinama 50° do 65°, gde su faze ledenih doba ostavile svoje tragove, dolaze promene svih triju astronomskih elemenata do podjednagog izraza, pa je tu sekularni tok osunčavanja izvanredno komplikovan.

Došavši do ovih saznanja, Milankoviću je bilo jasno što starije teorije ledenih doba ni iz daleka nisu mogle da dođu do rešenja ovog problema. Njegova je zasluga da je ovaj problem u velikoj meri rešio. Milanković je, na kraju, uspostavio matematičku vezu između osunčavanja Zemlje i temperature njene površine.

Iako je dokazao i utvrdio sjajno poklapanje između rezultata geoloških i astronomskih istraživanja, Milanković je ukazao i na teškoće oko potpuno egzaktnog određivanja toka glacijacije. No njegovi rezultati predstavljaju jedan visok stepen prve aproksimacije, a ona je u naučnim istraživanjima uvek dragocena.

Svojim delom o osunčavanju naše Zemlje: „Kanon der Erdbestahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem” (Beograd, 1941), Milanković je sebi, još za života, podigao trajan spomenik.

*Prof. Dr Stanimir Femi*

## SEĆANJA NA MILUTINA MILANKOVIĆA

Od najmladih dana života zanima nas svet u kome živimo. U traženju istine biramo sebi, prema našim sklonostima i sposobnostima, lakši ili teži put sa željom da što bolje podesimo uslove za život. Tako je mene lično prvenstveno interesovalo vreme sa svim svojim bezbrojnim promenama i uticajima na život. Zašto se ono tako menja iako Sunce šalje Zemlji neprestano jednake količine energije, to je bilo pitanje koje sam sebi postavljao.

Do završetka studija matematike namerno nisam uzeo u ruke nijednu naučnu knjigu uobražavajući da ću moći na osnovu stečenog znanja uglavnom sam da tumačim razvoj vremena u vezi sa zakonima kretanja vazduha u atmosferi. Ubrzo razočaran, tražim literaturu koja bi me izvela iz tame neznanja i otvorila vrata u svet nauke. Tako sam, pregledavajući biblioteku Fizičkog instituta Filozofskog fakulteta Univerziteta u Ljubljani,

našao, između ostalog, na knjigu: M. Milanković, „*Théorie mathématique des Phénomènes thermiques produites par la radiation solaire*”, Paris, 1920. U knjizi nađem na same jednačine, egzaktno funkcije koji opisuju brojne pojave vezane za dovođenje energije Zemlji iz Sunca i odvođenja toplote iz Zemlje u vasionu.

Bio sam impresioniran jednostavnošću i preciznošću kojima je Milanković dolazio do značajnih rezultata koji su do data bili nauci nepoznati, a koji su se odnosili na tumačenje energetskog bilansa atmosfere, raspodele sunčeve energije na pojedine geografske širine, temperature vazduha u atmosferi u funkciji prostora i vremena itd.

U ono doba tek je počela da se razvija, na temeljima fizičkih i matematičkih nauka, teorijska—dinamička meteorologija i to prvenstveno po zaslugi V. Bjerknesa (norveška meteorološka škola) i M. Margulesa (Bečka meteorološka škola). 1917. godine pojavio se prvi udžbenik dinamičke meteorologije na nemačkom jeziku. To je bio odličan udžbenik koji je napisao F. M. Eksner (Exner), sin poznatog fizičara F. Eksnera (Eksnerov elektroskop) iz Beča i zajedno sa Milankovićevim jednačinama pružao je tada mladim istraživačima odličan i dovoljan osnov za proučavanje tajni fizike atmosfere.

Čitajući pomenuti Milankovićev rad vidimo kako jednostavno možemo doći do velikih rezultata, do novih saznanja ako nas vodi veliki duh. Od nas koji tražimo istinu, koji želimo da shvatimo suštinu poznatih zakona i koji nastojimo da i sami damo svoj doprinos kulturi čovečanstva, ne možemo očekivati velike rezultate ako se ne upoznamo sa stvaralačkim radom naših velikih predaka, sa putem kojim su oni prilikom svojih istraživanja išli. Pri tome treba da znamo da suštinu pojave, zakona, principa shvaćamo tek tada kada smo svesni činjenice da bi do tog saznanja i *sami*, sopstvenim razmišljanjem, mogli doći. U vezi sa tim se podsetimo da su kultura i civilizacija plod stvaralačkog rada naših predaka, da smo okruženi bezbrojnim tekovinama, počev od najranijih godina od kada čovek postoji na Zemlji. Zar ne treba da budemo svim tim našim bližnjim i daljnim precima zahvalni, a pogotovo onima koji su iza sebe ostavili blistav trag. Jedan od takvih je bio Milutin Milanković.

I naš veliki fizičar iz Koruške Jozef Stefan (Jožef Štefan) je u 23. godini svoga života, pun idealizma, napisao u jednom pismu: „Ako ne poštujemo naše prvake, ko će da mari za nas”. U Vama, naša omladino, postoje ta plemenita osećanja i ostaćete mladi po duši tako dugo dok ćete poštovati taj princip.

Od onoga što je dao Milutin Milanković navešću ovde nekoliko podataka sa kojima sam se upoznao već prvih dana kada sam uzeo u ruke gore pomenutu knjigu.

Milanković je izveo između ostalog, jednačinu koja pokazuje koliko energije upućuje Sunce na ma koji kvadratni centimetar horizontalne Zemljine površine u ma kom trenutku vremena. Zbog rotacije i revolucije Zemlje sa osom rotacije koja je nagnuta prema ekliptičkoj ravni dovođenje sunčeve energije na pojedine geografske širine u toku godine se menja. Iz brojevnih vrednosti koje je Milanković izračunao proizlaze razni vrlo interesantni rezultati, od kojih neke želimo ovde pomenuti.

Za vreme prolećne i jesenje ravnodnevice (ekvinokcija) kada Sunce na ekvatoru stoji u zenitu, najviše Sunčeve energije dobija ekvator. Sa geografskom širinom se tada dovođenje toplote smanjuje i na polovima ono više ne postoji.

Upućivanje Sunčeve energije na Zemlju za vreme prolećne ravnodnevice nešto je veće nego za vreme jesenje. U prvom slučaju svakom kvadratnom santimetru horizontalne površine upućuje se, npr. na ekvatoru, prosečno u toku dana 0,320 a u drugom 0,317 malih kalorija u minutu. Ove razlike postoje zbog toga što je odstojanje Zemlje od Sunca za vreme prolećne ravnodnevice manje nego za vreme jesenje (Zemlja je u perihelu 1. januara, a u afelu 2. jula).

Za vreme letnje dugodnevice (solsticije) kada je severna polulopta najviše što je moguće okrenuta Suncu, kada je na severnoj polulopti najduži dan u godini i kada Sunce

stoji u zenitu na severnom povratniku ( $\varphi = 23^{\circ}27'$ ), prima Severni pol 0,385 malih kalorija po kvadratnom santimetru horizontalne površine u minutu. To je više nego što tada prima prosečno u toku dana ma koj drugi deo Zemlje i više nego što je ekvatoru u toku jednog dana upućeno!

Iz Milankovićeve jednačine proizlazi da Severni pol ne prima najviše toplote samo u vreme letnje dugodnevce, već celo vreme između 25. maja i 19. jula. Skoro dva meseca upućuje, dakle, Sunce najviše toplote Severnom polu! I pored toga su temperature tada tamo zbog topljenja snega i leda iznad smrznute podloge niske.

Interesantno je da se priliv Sunčeve energije u ovo doba, kad idemo do severnog pola prema ekvatoru, u početku smanjuje, a posle od  $43^{\circ}$  geografske širine, gde je postignut sekundarni minimum ( $0,355 \text{ cal/cm}^2 \text{ min}$ ), povećava. Taj neravnomerni hod je posledica dva uticaja sa suprotnim dejstvima: idući prema ekvatoru iz oblasti gde Sunce u toku dana ne zalazi postaje noć sve duža a tokom dana Sunce stoji sve višičije na nebu.

Za vreme zimske dugodnevce Sunce upućuje najviše toplote južnom polu. Tada se Zemlja nalazi u blizini perihela i južni pol prima više toplote (0,412) nego u letnjoj solsticiji severni pol. Ovo je najveća vrednost od prosečnih dnevnih koju ikada beleži ma koja tačka na Zemlji.

Najveći priliv Sunčeve energije južnom polu traje od 25. novembra do 17. januara. Zbog bržeg okretanja Zemlje oko Sunca za vreme naše zime (2. Keplerov zakon), ovaj period je za dva dana kraći od analognog perioda maksimalnog upućivanja Sunčeve energije severnom polu.

Intenzitet Sunčevog zračenja za vreme južnog leta je na južnoj polulopti zbog veće blizine Sunca, veći nego što je na severnoj polulopti za vreme našeg leta. Sunce upućuje ukupno ipak od prolećne do jesenje ravnodnevce severnoj polulopti tačno toliko energije koliko je u preostalom delu godine upućuje južnoj polulopti. Iz jednakih uzroka je upućeno tokom cele godine severnoj polulopti jednako energije kao južnoj. Do izjednačenja dolazi zbog toga što je brzina obrtanja Zemlje oko Sunca veća kada je Zemlja bliže Suncu.

Naveli smo nekoliko podataka iz pomenutog Milankovićevog rada koji sami po sebi govore o njihovom značaju za razvoj nauke.

Sledeće pitanje koje je sebi Milanković postavio odnosilo se na temperaturu atmosfere kao funkciju dovedene Sunčeve energije. Na takvo pitanje nije jednostavno odgovoriti, pošto na nju utiču razne pojave, kao što su dinamičko zagrevanje ili hlađenje, toplotna provodljivost, sastav vazduha i drugo. Sada je mudrost zadatak pojednostaviti, zanemariti manje značajno od značajnog i tako tek pristupiti teorijskom rešavanju problema. To je jedan od osnovnih metoda koji se primenjuje u teorijskoj fizici, a koji je i Milankovića doveo do željenog rezultata. Pod pretpostavkom da postoji ravnoteža zračenja (da na ma kom mestu vazduh u atmosferi u vidu zračenja toliko energije prima koliko jednovremeno daje), a da atmosfera apsorbuje samo dugotalasno (tamno) zračenje, Milanković je došao do rezultata koji se u suštini odlično slažu sa posmatranjem. Milanković je pokazao put kojim treba ići i kojim se kasnije došlo do boljih rezultata, kada se više znalo o raznim karakteristikama vazduha vezanih za pojave zračenja.

Milanković je ušao u istoriju nauke kao ličnost svetskog glasa. Njegova teorija je npr. iscrpno prikazana u Vegenerovoj (K. i A. Wegener) „*Fizici atmosfere*” (1935), u udžbenicima geofizike i prikazima razvoja matematičko-fizičkih nauka. Srpski narod se ponosi svojim velikim sinom i mora da je svestan da se u narodu kriju veliki talenti kojima treba omogućiti što bolji i što brži razvoj! Talenti se radaju, a ne stvaraju se kroz škole.

Sa naše strane radovi M. Milankovića nisu ni približno dovoljno proučeni. Naša je dužnost da to učinimo što pre kako bi tačno znali kojim sve idejama je ovim velikim umom obogaćeno čovečanstvo.

Prof. Dr M. Čadež



### МИЛАНКОВИЋЕВИ ПОГЛЕДИ НА АЈНШТАЈНОВО СХВАТАЊЕ БРЗИНЕ СВЕЛОСТИ

Милутин Миланковић је у свету познат и признат научник, чијим су именом названи један кратер на невидљивој страни Месеца и један кратер на Марсу, први Србин доктор техничких наука (1), Ајнштајнов вршњак и први предавач теорије релативности на Београдском универзитету (2). Објавио је два рада у којима покушава да да објашњење негативног резултата Мајкелсон-Морлијевог огледа у оквирима класичне механике, сматрајући да релативистичко тумачење може „без сукоба са искуством” (3. стр. 2) бити замењено и скупом другачијих претпоставки.

У раду из 1912. (4), Миланковић покушава да напуштајући Максвелову електродинамику да објашњење резултата огледа. Он усваја претпоставку о покретном етру тако да се на брзину светлости суперпонира брзина покретног извора. При рефлексији светлости на огледалу које се налази у саставу Мајкелсоновог интерферометра, он посматра оптичку слику као покретни светлосни извор. На тај начин математички добија резултат који је у складу са негативним резултатом експеримента одбацујући константност брзине светлости у релативистичком смислу али по цену напуштања електромагнетне теорије светлости и враћања на емисиону.

Овакво објашњење резултата Мајкелсон-Морлијевог огледа заступали су Толман, Томпсон, Стјуарт и Риц још пре Миланковића. На неке од њих, пажњу му је скренуо и Варићак још у току штампања његовог рада (види примедбу на стр. 70. у 4).

Такав поглед је одбачен на основу астрономских посматрања двојних звезда. Када се звезда креће ка Земљи брзином  $v$ , њена светлост би се у односу на Земљу кретала брзином  $c \times v$  и стизала раније од светлости звезде која се удаљава од Земље. Услед тога, кретање двојних звезда чинило би се пертурбованим и противречним Кеплеровим законима.

У свом раду из 1924 (3) Миланковић, развијајући једну идеју Анрија Поенкареа, (5) претпоставља да је брзина ширења светлости коју емитује покретан извор дата изразом

$$c = c_0 + u(v, \varphi) \quad (10)$$

где је  $v$  брзина покретног извора светлости,  $\varphi$  угао између светлосног зрака и вектора брзине а  $u(v, \varphi)$  функција која задовољава услов  $u(0, \varphi) = 0$ . Миланковић поставља питање: које функције  $u(v, \varphi)$  могу бити у складу са резултатом Мајкелсон-Морлијевог експеримента и истовремено не противречити астрономским посматрањима. Он жели да систематизује све дотадашње антирелативистичке покушаје, који би били само партикуларна решења његовог општег решења.

Миланковић усваја неколико априорних претпоставки на којима затим разрађује своје тумачење Мајкелсон-Морлијевог огледа. На овим претпоставкама почива његова концепција природе светлости. То су:

- 1) Претпоставка о апсолутно непокретном светлосном извору као извору који мирује у односу на стар. Међутим, он а priori не претпоставља да ли је стар непокретан, из чега произилази напуштање концепције о универзалности принципа релативности или се креће са извором што је неспојиво са законима електромагнетизма.
- 2) Као неминовне претпоставке о природи светлости он прихвата њену просторну и временску периодичност, одакле се изводи праволинијско простирање и закони рефлексије и интерференције.
- 3) Брзина којом се из апсолутно мирујућег извора светлост шири по безваздушном негравитационом простору је константа ( $c_0$ ).

4) Миланковић уводи као „неминовну” и претпоставку да се светлосне осцилације простиру тако, да светлосни извор налази у свакој тачци простора кроз који пролази, баш ону осцилацију коју у том моменту ствара. Ову претпоставку он назива услов синхронизације.

Миланковић добија да у оквиру овакве концепције природе светлости, постоји бесконачно много решења која су у сагласности са резултатима Мајкелсон-Морлијевог огледа. Такође, формулише критеријуме помоћу којих се могу изабрати решења која нису противречна астрономским посматрањима и даје једно такво могуће решење.

Он усваја концепцију испокретног етра, не усвајајући универзалност принципа релативности и претпоставља да светлосни извор емитује примарно зрачење по за-

кону  $\frac{1}{x} \sin \frac{2\pi}{\tau} \left( t - \frac{x}{c_0} \right)$  које се шири сферним таласима брзином  $c_0$  и секундарно зрачење  $\frac{2\pi}{\lambda} \frac{v^3}{c_0^2} \cos \frac{2\pi}{\tau} (t - x/c_0)$  које се истом брзином  $c_0$  шири равним тала-

сима дуж праве кретања извора, Оба зрачења се суперпонирају тако да истовремено задовољавају и Мајкелсон-Морлијев оглед и астрономска посматрања.

Најпростије решење  $u(v, \varphi) = 0$  спојено са напуштањем основних концепција класичне механике, Миланковић одбацује компликујући теорију увођењем секундарног зрачења које би ускладило теорију са постојећим чињеницама, као што су некада астрономи увођењем додатних кружних кретања покушавали да ускладе геоцентричну слику света са посматрачким подацима, заобилазећи најпростије решење које је из основа мењало постојећу концепцију света.

У оваквом Миланковићевом начину описивања Мајкелсоновог експеримента, вероватно се види утицај Поенкареа, од чије идеје у другом раду (3) и полази, великог поборника идеје о постојању низа еквивалентних описивања једног истог експеримента. Поенкаре сматра: „Сређивање чињеница добијених експериментом није једнозначно него се може извршити по договору, конвенционално. С друге стране, експеримент који се разматра као јединствени извор новог знања пошто потстакне настанак теорије, касније је не контролише; нови експеримент није критеријум истинитости створене теорије, пошто увођење одговарајућих хипотеза уклања противречност између теорије и новог експеримента, очувавајући полазну основу. А резерва хипотеза је неисцрпна” (6). Миланковић вероватно у то доба схвата Ајнштајнову теорију релативности као једну од могућих еквивалентних теорија, „која има неоспорне успехе на пољу њене практичне верификације” (3. стр. 1) али није и једино могући скуп претпоставки.

Два рада која су анализирана остала су ван главног тока Миланковићевог стваралаштва и само показују са каквим су интересом појединци код нас тада пратили најсавременије научне токове и учествовали у дилемама тадашње светске научне јавности.

*Dr Милан С. Димићријевић*

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1) *Dr Андрија Стојковић, Развивањак филозофије у Срба 1804—1944, Слово Љубве 1972, стр. 247.*
- 2) *Сто година филозофској факултету у Београду, Београд, 1965, стр. 511.*
- 3) *М. Миланковић, О другом постулату специјалне теорије релативности, Глас Српске краљевске академије CXI (1924) 1.*
- 4) *Dr М. Milanković, O teoriji Michelsonovog eksperimenta Rad JAZU 190 (1912) 65.*
- 5) *H. Poincare, La valeur de la science, Paris, 1908, str. 202.*
- 6) *H. Poincare, La science et l'Hypothese, Flammarion, Paris, 1902.*

**ДОПРИНОС НАШИХ НАУЧНИКА РАЗВОЈУ МИЛАНКОВИЋЕВЕ ТЕОРИЈЕ**

У Миланковићевом делу о леденим добима наше Земље је утврђена чињеница да су рачуни за прошлост могли бити проверени и да су добили пуну потврду у резултатима геолога и климатолога. То је дало подстрек Миланковићу да постави питање: каква ће, на основу овакве математичке теорије, бити клима наше Земље у будућности? Осећајући важност овог питања, а са циљем да се дође до неке слике о клими наше Земље, Мишковић је извео рачуне о променама астрономских елемената за будућих 100 000 година (О секуларним неједначинама астрономских елемената Земљине путање, Глас Српске краљевске академије, CLXXXIII, 1938). Требало је одредити промене топлотних количина за овај временски интервал. Но у рачунима се сада јавља један нови моменат. Наиме, за овај нови интервал било је потребно математички описати осунчавање поларних зона, које није долазило у обзир у рачунима за прошлост. У поларним зонама не постоји увек измена дана и ноћи, већ постоје интервали „дугих дана”, када Сунце уопште не залази под хоризонт. Миланковић је својом математичком апаратуром могао испитати само оне зоне у којима се измењују дани и ноћи. Редови у које је он развијао своје функције, за вредности географских ширина поларних зона, врло су споро конвергирали, па нису били употребљиви. Стога је он тај посао поверио Фемплу.

Станимир Фемпл бавио се теоријом елиптичких интеграла, чија примена би користила Миланковићевој проблематици. Фемпл је нашао методу помоћу које би се омогућило израчунавање осунчавања поларних зона (О инсолацији поларних зона. Глас Српске академије наука, ССХХVIII, књ. 13, 1957).

За одређивање осунчавања у будућности требало је још одредити величине и промене ексцентрицитета Земљине путање за сваких 5000 година, јер је Мишковић рачунао само за сваких 10 000 година. На основу свега тога, Фемпл је у своме раду *Variations seculaires d'insolation de la Terre au cours des cent millenaires futurs*. (Notes et Travaux de la Section d'Astronomie de l'Institut mathematique, Vol. II, 1958)

дао таблице које дају податке о количини топлоте коју прима сваки десети степен географске ширине, а за сваких 5000 година, почевши од 1800. године, за будућих 100 хиљада година, како за летњу, тако за зимску полугодину.

Из таблица се види да ће количине топлоте на северној хемисфери стално расти до 40 хиљадите године, када ће настати један топлотни оптимум и када ће, на пример, београдски упоредник примати ону количину топлоте, коју данас прима јужна Италија. После ће се топлотне количине смањивати, а око 55 хиљадите године ће настати један топлотни минимум (кога је предвидео и геолог Гаџов), но који ипак неће довести до глацијације. Београдски упоредник примаће тада само 1230 грам калорија мање него што прима данас. После ће топлотне количине опет расти.

Тешко је нешто рећи о јужној хемисфери, иако се показује да ће у 10 и 90 хиљадитој години настати мањак од 5000 грам калорија, јер је ова хемисфера великим делом прекривена океанима, а та чињеница може осетно да утиче на ток температурских промена.

Користећи Миланковићеву методу, руски астрономи Шафар и Будникова (Вековые изменения элементов орбиты Земли и астрономическая теория колебаний климата. Труды института теоритической астрономий. V. XIV, Ленинград 1969) израдили су таблице осунчавања за 65° географ. ширине, и то за 3 милиона година уназад и за 1 милион година унапред, почев од 1950. године. Рачуни су извршени помоћу електронског рачунара. Њихови резултати за 650 хиљада година уназад и 100 хиљада година унапред, у доброј су сагласности са резултатима Миланковића и Фемпла.

М. Јеличић

## MILANKOVIĆ KAO ISTORIČAR I POPULARIZATOR NAUKE

Godina 1979. je bila jubilarna godina kojom je obeležena stogodišnjica rođenja našeg znamenitog naučnika Milutina Milankovića (1879—1958). Bila je to prilika da se iznova preispitaju i istaknu njegovi značajni doprinosi astronomiji, mehanici, matematici, geofizici i to posebno klimatologiji, kao i nizu drugih oblasti nauka. Time, međutim, njegov zamašan i bogat opus nije iscrpen. Ostalo je jedno područje Milankovićevo rada, kome je on tokom čitavog života posvećivao predanu ljubav i svoje dragoceno vreme, a to je istorija prirodnih nauka i tehnike, kao i njihova popularizacija. Već je Tatomir Anđelić u pogovoru Milankovićevoj knjizi „*Tehnika u toku davnih vekova*” (Nolit, Beograd, 1955) s pravom istakao da je Milanković „i naš plodan pisac popularne naučne literature”, pisac „divne astronomije za svakoga” koja sadrži astronomiju izloženu u njenom istorijskom razvitku. Anđelić dodaje kako je Milanković pisac dragocenih popularnih dela, koji „sa uspehom piše ovakve knjige, jer je bio praktičan inženjer, pa postao matematičar, astronom i geofizičar, i time u sebi sjedinio široke oblasti nauka. On se interesovao, i izvanredno je upoznao, istoriju nauka” (ib. str. 137).

Milankovićevo interes za istoriju egzaktnih i prirodnih nauka pojavio se u vreme njegovog boravka u Beču, i to krajem 1904. godine, kada je već uveliko pripremao svoju doktorsku disertaciju na Visokoj tehničkoj školi. Spremajući se za doktorski ispit, uvideo je, kako sam ističe u svojim „*Uspomenama, doživljajima i saznanjima*” (SANU, Beograd, 1979., sveska I, str. 5), „da se svaka nauka može samo onda u potpunosti shvatiti kada se upozna njen postanak i postepeni razvitak”. U prvoj knjizi „*Uspomena*” on podrobnije opisuje ove godine svoga života u Beču, kao i trenutke kada je spoznao da je shvatanje nauke kao organske celine jedino moguće upoznavanjem njenog celovitog razvitka, njenih ishodišta i pređenih puteva. Tada je upravo pročitao, sa neskrivenim oduševljenjem, dva dela koja će pamtili čitavog života, i kojima će se stalno vraćati kao vreli inspiracije: Mahovu „*Mehaniku u njenom razvoju*” i Kantorova „*Predavanja o istoriji matematike*” (u tri sveske). Začela se u njemu misao da je istorija nauka najveličanstveniji deo cele istorije čovečanstva (Uspomene, I, 248—249), a uz nju i ljubav koja se neće prekinuti do kraja života, ljubav prema toj istoj istoriji. „Zato sam se, kad pročitah ona dva dela, bavio u toku svoga života istorijom astronomije, istorijom prirodnih nauka i istorijom tehnike. I danas su te istorije predmet moga interesa” — zapisao je Milanković u „*Uspomenama*” (knjiga I, str. 249). Sa nesmanjenim žarom i upornošću Milanković se prihvata i drugih knjiga iz ove oblasti. Među njima je, pre svega, Ostvaldova edicija klasika egzaktnih nauka u nemačkom prevodu (*Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften*), kod izdavača W. Engelmana iz Lajpciga, u kojoj je u to vreme bilo objavljeno već sto trideset svezaka najvrednijih dela iz područja prirodnih nauka i tehnike.

Na red su došla i najtemeljnija dela koja je Milanković mogao naći u to vreme, i kojima će se vraćati celoga života. To su, naprimer, Helerova „*Istorija fizike*” (u dva toma), Ginterova „*Istorija anorganskih prirodnih nauka u 19. veku*”, Humboltov „*Kosmos*” (u pet svezaka), Aragova „*Popularna astronomija*” (u četiri sveske), Hopeova „*Matematika i astronomija Antike*”, Hajbergova „*Istorija matematike i prirodnih nauka u Starom veku*”, Libkeova „*Istorija arhitekture od najstarijih vremena do danas*”, Merkelova „*Istorija tehnike Staroga veka*”, Darmštedterov „*Priručnik za istoriju prirodnih nauka i tehnike*”, Darmštedterova i Bua-Rajmondova knjiga „*4000 godina pionirskog rada u egzaktnim naukama*”, Ginterova „*Istorija matematike i prirodnih nauka u Starom veku*”, Duhemov „*Sistem sveta, istorija kosmoloških doktrina*” (u pet tomova), Danemanove „*Prirodne nauke u njihovom razviću i uzajamnim vezama*” (u četiri sveske), Feldhausova „*Tehnika Starog i Srednjeg veka*”, Pešlova „*Istorija nauke o Zemlji*”, Spamerovo delo o istoriji pronalazaka (u devet tomova), Volfova „*Istorija astronomije*”, itd. Pomenuli smo ovde samo neke naslove iz

početne lektire Milankovićeve iz oblasti istorije nauke, ali je on čitao i izučavao i izvorne spise brojnih naučnika od antike do svojih savremenika, filozofa, književnika i istoričara koji su mu još više pomogli da upozna doba rađanja i uspona nauke i tehnike. Milanković je bio i ostao vrstan kolekcionar knjiga iz pomenute oblasti. Još dok je boravio u Beču počeo je prikupljati sistematski knjige iz istorije nauke i tehnike, a kada je došao u Beograd za profesora univerziteta 1909. godine pobrinuo se da i biblioteka seminara za matematiku „pruži jasan pregled istorijskog razvića tih nauka” (Uspomene, III, str. 7), kao i biblioteka Astronomske opservatorije.

Okrećući se ka istoriji prirodnih nauka Milanković se iznenadio koliko je malo i nedovoljno na tom polju urađeno. „Dok bi dela svetske istorije — zapisao je u svojoj knjizi „*Tehnika u toku davnih vekova*” — napunila veliku biblioteku, najvažnija dela istorije matematike, astronomije i fizike mogu se smestiti u ma kojoj ličnoj biblioteci”. Istorija nauke se razlikuje od svetske istorije, prema Milankoviću, time što su u njoj, mesto naslednih vladara, glavnu ulogu igrali oni ljudi koji su snagom svog duha došli na vladalački položaj. „Vredelo je upoznati se izblize sa njima!” — ističe on. „Zato se moja lična biblioteka iz godine u godinu obogaćivala delima iz istorije egzaktnih nauka i njihovih primena” (Uvod u „*Dvadeset i dva veka hemije*”). Na drugom mestu Milanković piše kako su se o životu velikih državnika i vojskovođa sačuvala još iz antičkog doba sve pojedinosti, a o Euklidovoj ličnosti, čije delo je bilo više od dve hiljade godina Evandjelje geometrijskih nauka, ne zna se ama baš ništa (Uspomene, I, str. XVIII). I u predgovoru knjizi „*Tehnika u toku davnih vekova*”, Milanković se žali kako se malo vodilo računa u nastavi istorije o napretku nauka, umetnosti i tehnike, u korist, na primer, političke istorije: „A Gutenbergov pronalazak štampe značio je u tom razviću više nego svi oni Hajnrici, Konradi, Otoni, Eduardi i Lujevi i sve njihove bitke”. Istovremeno tu misao nalazimo i u njegovim „*Us pomenama*”, sveska III, na strani 7. U jednom drugom predgovoru, u svojoj knjizi „*Osnivači prirodnih nauka*”, Milanković je zapisao i sledeće: „Radeći preko četiri decenije u nauci, sve jasnije sam uviđao da se ona može potpuno shvatiti i oceniti tek kad se upozna i njen istorijski razvitak. Zato sam i njemu posvetio svoju pažnju i video da su glavne etape tog razvitka obeležene nekolicinom genijalnih ljudi koji se mogu smatrati glavnim tvorcima nauke. Sa njima sam se naročito bavio, proučavao njihov život i njihova dela, udubljavao se u njihove misli i uživljavao se u njihovo doba i sredinu u kojoj su živeli. Njih sam u toku godina upoznao u tolikoj meri, da sam ih, tako reći, video žive pred sobom”.

Ovim svojim epistemološko-metodološkim stavovima, koji imaju programski karakter, Milanković će dodati još jedan heuristički princip. Pozivajući se na dobar primer već pominjanje knjige Fridriha Danemana „*Die Naturwissenschaften in ihrer Entwicklung und in ihrem Zusammenhang*” koja prikazuje prirodne nauke u njihovim svekolikim vezama i prožimanjima, obuhvatajući pojedinačno sve nauke toga kompleksa, Milanković naglašava da takav jedan pregled mora obuhvatiti i istoriju tehnike (što Daneman ne čini), „jer ona uslovljava i napredak nauke. Bez teleskopa ne bi bilo današnje astronomije, a bez mikroskopa današnje fiziologije.” (*Tehnika u toku davnih vekova*, str. 6).

Temeljno pripremljen i sa već izgrađenim shvatanjima o prirodi i funkciji istorije nauke kao discipline i o nužnosti širenja znanja o nauci i njenim tvorcima, Milanković je počeo da piše u leto 1925, u Austriji (gde je obično provodio letnje praznike), svoje delo „*Kroz vasionu i vekove*”. Objavljivao ga je prvo u Letopisu Matice srpske, tokom 1926—1928. u nastavcima, a 1938. pojavila se i kao knjiga. Sa podnaslovom „Jedna astronomija za svakoga”, uz spoj znanja i uobrazilje i autobiografskih elemenata, u epistolarnoj formi, nastala je knjiga o razvoju astronomije, živo i zanimljivo pisana, lakim stilom i uz obilje informacija o istoriji astronomije i najtežim astronomskim problemima. Na srpskom jeziku je doživela pet izdanja, a najnovije je objavljeno upravo u Milankovićevoj jubilarnoj godini — 1979.

Ova knjiga je doživela i dva izdanja na nemačkom jeziku (1936. i 1939), oba po pet hiljada primeraka, uz brojne recenzije i lep prijem kako u naučnim krugovima tako i kod široke čitalačke publike. Većinu od ovih recenzija prikupio je sam Milanković (preko 100 jedinica) i one se nalaze u njegovoj ličnoj arhivi koju je zaveštao Srpskoj akademiji nauka.

Ohrabren uspehom ove knjige (kojoj je prethodio rad na rukopisu „*Naš planetarni sistem*”, namenjen Srpskoj književnoj zadruzi, tokom 1923—1924. godine, ali koji ostaje nezavršen, sa svojih dvadeset i sedam poglavlja), Milanković će produžiti rad na istoriji i popularizaciji nauke. Na to će ga podstaći i jedan nemio događaj — nemačka okupacija zemlje i prekid svakog redovnog rada na univerzitetu i u naučnim ustanovama. U razrušenom Beogradu 1941. godine nije bilo uslova za naučnu delatnost. Nemci su, čak, poslednjeg dana boravka u njemu spalili i bogatu biblioteku Matematičkog seminara Univerziteta, koja je Milankovića i druge snabdevala svom potrebnom literaturom. Milanković započinje da piše obimno delo „*Kroz carstvo nauka*”, i to na nemačkom jeziku (jer je želeo da se, poučen iskustvom prethodne knjige, i šira javnost upozna sa njime), da bi ga, okončanog, preveo na srpski 1944—1946. godine. Rukopis je imao 550 stranica velikog formata, ali još ni do danas nije objavljen kao celina, nego samo u pojedinim delovima i u obliku kraćih knjiga. Godine 1950. izaći će pod tim naslovom knjiga u kojoj je izvorni rukopis dat u znatno smanjenom obimu (kod izdavača „Naučna knjiga”, u Beogradu, kao osma knjiga edicije „Nikola Tesla”, sa ukupno 286 stranica teksta). U svojim „Uspomenama” Milanković navodi da je na pisanje dela „*Kroz carstvo nauka*” utrošio tačno 998 radnih dana. Navešćemo redom knjige u kojima je pretočena građa iz ovoga rukopisa, prema godinama njihovog objavljivanja: „*Isak Njutn i Njutnova Principija*” (Beograd, 1946., u saradnji sa Slavkom Bokšanom) — delo sadrži odeljak Milankovićevog spisa o Isaku Njutnu; „*Osnivači prirodnih nauka*” (Beograd, 1947.) — sa odeljcima o Pitagori, Demokritu, Aristotelu i Arhimedu; „*Kroz carstvo nauka*” (Beograd, 1950.) — sa poglavljima iz prethodne knjige i delovima o Aristarhosu sa Samosa, prepisivačkoj školi iz Toleda na čelu sa Gerardom iz Kremone, Otu Gerikeu, Njutnu, Kivijeu, Faradeju i Čarlsu Darvinu; „*Dvadeset dva veka hemije*” (Kragujevac, 1953.) — sa poglavljima o Demokritu, Lavoazijeu i Lavoazijeovim savremeniciima. Spisak literature koja je korigćena prilikom pisanja spisa „*Kroz carstvo nauka*” ostavio je Milanković u svojim „Uspomenama”, sveska treća, str. 191—192.

Ono što je zajedničko svim ovim knjigama Milankovića jeste plemeniti napor da u njima primeni sva svoja stečena znanja iz istorije prirodnih i egzaktnih nauka, da kroz slike iz života velikih naučnika slikovito i jasnim jezikom prikaže i najsloženije probleme nauka, vreme u kome se oni rađaju i njihovu primenu u oblasti tehnike, da na izvoran način spoji istoriju nauke i njenu popularizaciju. U formi imaginarnih putovanja kroz vreme i zamišljenih neposrednih susreta i razgovora sa protagonistima prirodnih nauka i tehničkog razvoja, Milanković uspeva da probudi čitaočevu radoznalost i da je istinski veže za predmet o kome raspravlja. Takav način obrade iziskivao je iscrpne istorijske i biografske studije, mnoštvo obaveštenja o glavnim i sporednim vidovima radnje. Da bi uspešno prikazao nastanak astronomije, on je godinama prikupljao sve o astronomiji Staroga veka, Haldejcima, Vaviloncima, aleksandrijskom Muzejonu, itd. Ličnosti koje će obrađivati birao je tako da bi njema obeležio glavna razdoblja razvoja prirodnih nauka. Uživljavao se u njihova vremena, izmišljao dramske scene i događaje kako bi oživeo njihovo doba, domove u kojima su živeli, laboratorije gde su radili, običaje koje su negovali, učenje, način života, nošnju, pa čak i humor koji im je bio svojstven. Milanković je, tako, boravio u Atini 1934. godine, iskoristivši priliku da se popne na Akropolj, gde je — kako sam kaže — „doživeo jedan od najjaćih utisaka svoga života”. Zato mu i nije bilo teško, kako saopštava, da se uživi u onaj trenutak kada se mladi Aristotel našao pred Partenonom i Erehtejonom,

„Imao sam samo da opišem svoje utiske pred ona dva hrama, pa da vidim Aristotela živa pred sobom” (Kroz carstvo nauka, str. 8). Da bi što vernije dočarao Demokritovo vreme i Abderu u kojoj je ovaj tvorac materijalističkog učenja o atomima i uzročnosti živeo, Milanković je, na primer, proučio Vilandovu „*Istoriju Abderićana*”. U njoj je našao opis susreta Demokrita i Hipokrata, ali ne i podatke o tome šta su ova dvojica vodećih prirodoslovaca svoga vremena i razgovarali. Milanković je smatrao da je sastanak Demokrita i Hipokrata u Abderi „neopisano zanimljiv događaj”, žaleći uvek što ga Viland nije detaljnije prikazao „svojim majstorskim perom”. Zato je, naposljetku, sam preuzeo da vaspostavi razgovor tih dvaju prirodnjaka, „koristeći se istorijskim podacima o njihovim ličnostima i pogledima” (Osnivači prirodnih nauka, str. 63).

U međuvremenu je Milanković objavio još nekoliko dragocenih priloga istoriji i popularizaciji prirodnih nauka. Među njima je, pre svega, knjiga „*Mika Alas, beleške o životu velikog matematičara Mihaila Petrovića*” (Kosmos, Beograd, 1946), u koautorstvu sa Jelenkom Mihailovićem. „Da nisam nedavno objavio svoje uspomene o Mihailu Petroviću” — piše Milanković u svojim „*Uspomenama*”, sveska prva, str. XVIII — „ne bi se već kroz koju godinu dana znalo ko je i kakav je čovek bio taj naš veliki naučnik.” Kratko pamćenje je velika kazna, a za istoriju kulture malih naroda prava počast. Milanković je bio svestan toga, pa je neumorno beležio građu ne samo za opštu istoriju prirodnih nauka nego i za buduću istoriju svojih savremenika-sunarodnika i nacionalnih institucija naučnog rada. U tom pogledu su i njegove „*Uspomene, doživljaji i saznanja*”, autobiografska proza u tri toma, koja obuhvata razdoblje od 1879. do pedesetih godina našega veka (tačnije do 1954), značajan prilog ne samo istoriji nauka kojima se lično bavio, nego i našem poznavanju njegovih savremenika, čiji je lik i ličnost želeo da sačuva potomstvu. Prva knjiga ovih Milankovićevih memoara na kojima je počeo da radi juna 1948. objavljena je tek 1979. godine, druga 1952. a treća 1957. godine — sve u izdanju Srpske akademije nauka. Godine 1948. pojavila se i Milankovićeva „*Istorija astronomske nauke*” (prevedena 1951. na slovenački, a drugo srpsko izdanje 1954), koja obuhvata razdoblje od njenih prvih početaka do 1727. godine, godine Njutnove smrti. Bio je to popularno pisan univerzitetski udžbenik, ali su ga mogli koristiti i široki slojevi čitalaca koji su želeli proširiti svoja znanja o astronomiji i njenim tekovinama. Tokom 1955. godine objavljena su još dva dragocena Milankovićeva priloga popularizaciji nauke i istoriji nauke i tehnike. To su „*Nauka i tehnika tokom vekova*” i „*Tehnika u toku davnih vekova*”. Prva knjiga prikazuje razvoj prirodnih nauka i tehnike od prvobitnih ljudskih društava do 1500. godine, ali i razvoj astronomije od Vavilonaca, Haldejaca i Asiraca do modernih vremena kada se začinje trijumf tehnike, do Gutenbergovog pronalaska štampe i velikih geografskih otkrića. Druga knjiga je osvrst na razvoj matematike, astronomije, fizike i hemije i njihovu primenu u tehnici (počinje aleksandrijskom školom, Srednjim vekom, Galilejom, Keplerom i Njutnom, pa preko Francuske revolucije u naučnika toga doba, stiže do matematike i astronomije 19. veka). Pomenimo još i Milankovićev rad o Aristarhosu i Apoloniju, tj. o heliocentričnim i geocentričnim sistemima antike, objavljen na nemačkom jeziku u časopisu „*Publications mathématique*” Matematičkog instituta SANU, 1956. godine. Ali ni ovim nećemo u celini prikazati Milankovićev dugogodišnjim plodan i dragocen rad u oblasti istorije i popularizacije prirodnih nauka i tehnike.

Ostaju, u njegovoj zaostavštini započeti ili nedovršeni rukopisi o razvoju matematičkih nauka na beogradskom univerzitetu i značaju Mihaila Petrovića u tome razvoju, o opštoj teoriji toplotnih pojava u Sunčevom sistemu (popularno koncipiran), već pominjani spis „*Naš planetski sistem*” i niz kraćih zapisa i fragmenata namenjenih budućim rukopisima.

Istorija nauke i njena popularizacija su u našoj sredini, i pored tradicije koju imamo (stvorene radovima Josifa Pančića, Cvijića, Đaje, Mihaila Petrovića, A. Bilimovića, V.

Miškovića i drugih), još uvek nedovoljno prisutni poslovi kulture, škrto prihvaćene obaveze retkih pojedinaca od pera i nauke. Na primeru Milutina Milankovića mogu se sagledati pravi razlozi zašto bi se ljudi od nauke morali opredeliti za negovanje ove tekovine modernog obrazovanja i civilizovanosti, bez koje nema istinskog razumevanja ni nauke niti pak njenog prihvatanja u društvu. Ma kakve bile naknade ocene Milankovićevog domašaja, njegovog nastojanja da spoji istoriju i popularizaciju nauke, verujemo da mu se ne može osporiti pionirska uloga na ovim poslovima u našoj sredini, poslovima koji su urodili plodom i koje, bez sumnje, treba produžiti.

*Milica Mužijević*

### НАУЧНИ СКУП ПОСВЕЋЕН СТОГОДИШЊИЦИ РОЂЕЊА М. МИЛАНКОВИЋА

У Београду, Осијеку и Даљу у периоду од 10—12. октобра 1979. године одржан је међународни научни скуп поводом стоте годишњице рођења Проф. Др Милутина Миланковића под насловом „Живот и дело Милутина Миланковића”. Скуп је организовала Српска академија наука и уметности (САНУ) чији је дугогодишњи члан био покојни Миланковић. Председник Организационог одбора био је академик Павле Савић, а потпредседник академик Татомир Анђелић.

Програмом је било предвиђено да скуп има три дела: свечани део, одржан 10. октобра пре подне; научни део, одржан 10. октобра по подне и 11. октобра и свечану академију у Осијеку са посетом родној кући Милутина Миланковића у Даљу 12. октобра. Прва два дела научног скупа одржана су у Београду у згради САНУ.

Скуп је отворио председник Организационог одбора и председник САНУ академик Павле Савић. После поздравних говора уследила су и прва три саопштења. Сва три су се односила на живот и рад Милутина Миланковића. Референти су били Т. Анђелић, Б. Поповић и Б. Макјанић.

Научни део скупа био је тако замишљен да су референти били из области у којима је Миланковић стварао, а то су: небеска механика, теорија померања Земљиних полова, осунчавање и климатологија Земље, теорија ледених доба и историја астрономских и математичких наука. 10. октобра присутни су имали пролике да чују неколико реферата наших научника, између осталог и занимљиво саопштење Ђ. Лазаревића о вероватном пореклу земљотреса, реферате истакнутих математичара Е. Стипанића и К. Орлова из којих смо сазнали да се М. Миланковић може сматрати и оснивачем једне математичке дисциплине — геометријске теорије редова, као и реферат Ж. Ђулума о значају Миланковићевих резултата у проучавању осунчавања Земље, за данас веома актуелан, проблем примене Сунчеве енергије.

Другог дана учесници скупа имали су задовољство да присуствују занимљивом излагању Ц. Имбриа из САД под насловом „Савремени поглед на Миланковићеву теорију ледених доба”. На ово излагање надовезало се следеће А. Бергеа из Белгије „О Миланковићевој теорији климатских промена са прилазом преко месечног осунчавања”. З. Копал из В. Британије нас је обавестио о најновијим гледиштима по питању развоја и стабилности Сунчевог система. Излагањем К. Драмбе из Румуније завршен је преподневни програм скупа за 11. октобар и потом су се учесници скупа одвезли до куће у којој је становао покојни Миланковић у улици Љубе Стојановића. Ту је уз малу свечаност уз присуство живих чланова његове породице откривена спомен-плоча. На овом месту ваља истаћи да је донета одлука да се у близини Миланковићевог дома на пригодном месту постави научникова биста.



Напоследку у поподневном делу програма за 11. октобар имали смо прилике да чујемо неколико реферата из области живота и рада М. Миланковића и историје астрономских наука. Такође је поднео реферат о филозофским аспектима Миланковићевог дела А. Стојковић. За многе је занимљив и изненађујући податак био да се М. Миланковић извесно време налазио на положају директора Астрономске опсерваторије у Београду што смо могли сазнати из реферата М. Протића и В. Протић-Бенишек. Потом је В. Трбуховић показао како Миланковићева истраживања имају значај и за једну наизглед тако далеку област од математичких наука, као што је археологија. Научни део скупа је завршен читањем реферата В. Јевђевића из САД, који је био спречен да лично присуствује скупу, о моделирању леденог доба плеистоцена помоћу Миланковићеве теорије.

Последњег дана скупа, 12. октобра учесници су присуствовали свечаној академији у Осијеку која је одржана у преподневним часовима у просторијама Педагошког факултета. На њој су прочитана четири саопштења са научног скупа. Последња тачка програма скупа била је посета научниковој родној кући у Даљу, недалеко од Осијека.

Мр Слободан Нинковић

## НОВЕ КЊИГЕ

*Milutin Milanković: „Uspomene doživljaji i saznanja, detinjstvo i mladost“ (1879—1909)* Beograd SANU (Odeljenje prirodno-matematičkih nauka, knjiga 50) 1979, strana 383 + XIII

Knjiga predstavlja I tom Uspomena doživljaja i saznanja. Iako je ovaj Milankovićev rad bio primljen od Odeljenja prirodno-matematičkih nauka SAN još 1950. godine, sticajem okolnosti izlazi sa velikim zakašnjenjem tek sada. Zbog „naučne sadržine“ pre I toma izašao je II tom (1909—1944), 1952. godine, a zatim i III tom, koji se odnosi na njegov život posle 1944. godine, 1957. godine.

Knjiga je obimnija od predhodne dve, iako ne govori o njegovim glavnim naučnim radovima. Sadrži 56 poglavlja. Njen sadržaj sam Milanković ograničeva u predgovoru II toma na sledeći način:

„Moj dosadašnji život može se, vremenski i suštinski, raščlaniti u dva jasno odvojena odeljka. Rodio sam se 1879. godine u staroj srpskoj porodici koja se u doba Čarnojevićeve seobe naselila u Dalju, kada je to mesto, i još druga dva, naseljeno srpskim izbeglicama, dato u vlasništvo autonomne srpske pravoslavne crkve habsburške monarhije. U toj državi proživio sam svoje detinjstvo u Dalju, srednjoškoolstvo u Oseku, školovanje na bečkoj Tehničkoj velikoj školi i svoju inžinjersku praksu u Beču. Taj prvi odeljak moga života završava se onim danom kada sam, odazivajući se pozivu Filozofskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, ostavio Beč i pošao u Beograd.“

Preglednosti radi, obzirom na sadržaj, poglavlja, inače data u nizu, mogu se podeliti na četiri dela.

Prvi deo obuhvata 15 poglavlja, koja su uglavnom posvećena njegovom detinjstvu — porodici, očinskom domu, prvim saznanjima. Počinje prilikama koje su uslovile seobu Srba i rodoslovom Milankovića, a završava se dolaskom u Osijek.

Poglavlja od 16—27 vezana su za njegovo školovanje u Osiječkoj realci i boravak kod rodbine njegove majke. Tu su pored ostalog i prva, maturanstka, poseta Srbiji, kao i prva naučna rasprava; rešio je problem trisekcije ugla, ali ubrzo se razočarao saznavši da je „prokleti Švaba“ Hipauf do istog rešenja došao 24 godine ranije.

Treći deo počinje 1896. godinom, kada postaje student Tehničke velike škole u Beču. Plene pažnju njegova putovanja u Dalj, putovanje u Ženevu, zbivanja u južnoslovenskom krugu. Pored mnogih ispita opisuje inženjerski i oficirski ispit, a u zadnjem 42. poglavlju i doktorski ispit. Posebno ističe svoga profesora matematike E. Čubera, koji zamenjuje Milankovićevog srednjoškolskog profesora V. Varićaka, i profesora građenja mostova J. Brika.

Uspešna inženjerska praksa, iz koje je poniklo nekoliko patenata, sa prvim radovima, među njima i grafičko predstavljanje geometrijske progresije, je u četvrtom delu. Prestanak Milankovićevog podanstva Austro-Ugarskoj carevini ubrzan je aneksijom Bosne i Hercegovine. Posmatrajući odašiljanje vojnih jedinica, železnicom, prema granici Srbije, on kaže: „Tada sam potpuno jasno osetio da se nalazim u neprijateljskoj zemlji”.

I ovom knjigom Milanković je pokazao svoju nadarenost za pisanje. Jezgrovito pisanje učinilo je da je knjiga bude još nabijenija činjeničkim materijalom. Problem rešavanju kratka poglavlja, koja se čitaju u dahu. Mnogo od njih imaju i umetničku vrednost.

Knjiga je pisana interesantno. Predstavlja odličan izvor za Milankovićevu biografiju. Zapisi ovog nesvakidašnjeg čoveka su dragocena svedočanstva o njegovom vremenu i uzavreloj sredini u kojoj se kretao. Ovo je Milankoviću i bio cilj.

Urednik, knjige, učenik Milankovića, akademik Tatomir Anđelić, knjizi je posle brižljivog rada, pored predgovora, priključio primedbe (komentare) i rečnik manje poznatih reči.

*Život i delo Milutina Milankovića, 1879—1979, Beograd, SANU (Galerija SANU, 36) 1979., strana 215.*

Prvobitna namera da prilozi ove knjige budu u sastavu jednog od inače bogato opremljenih Akademijinih kataloga, nije se ostvarila; zbog rekonstrukcije Galerije izložba posvećena Milankoviću nije održana.

Knjiga predstavlja zbornik radova. Nosi naslov iscrpnog rada, u kome je izložena Milankovićeva biografija, Tatomira Anđelića, koji je i urednik.

Ako je cilj knjige da upozna čitaoca sa delom Milutina Milankovića, može se reći da nije obrađen njegov inženjerski rad, rad na reformi kalendara, rad na istoriji nauke i tehnike.

Saradnici urednika Nikola Pantić i Božidar Popović razmotrili su Milankovićevu teoriju klimatskih promena u svetlu novih geoloških istraživanja i sa astronomske strane. B. Popović je izneo i druge Milankovićeve doprinose nebeskoj mehanici.

Uspomene na Milankovića, sa kojim je bio u stalnoj vezi počev od 1953. godine i opis kongresa Međunarodnog društva za proučavanje kvartara održanog u Rimu te godine, na kome je Milanković bio u središtu pažnje, daje P. Stevanović u prvom delu rada. Drugi kraći govori o sudbini Milankovićeve teorije posle njegove smeti.

Rad M. Tomića govori o naučniku i nastavniku M. Milankoviću.

O Milankovićevoj saradnji sa Jugoslovenskom akademijom znanosti i umjetnosti, u čijem je izdanju uz finansijsku pomoć Ministarstva prosvete SHS izašao značajan rad „*Theorie mathématique des phenomenes thermique produits la radiation solaire*”, govori B. Makjanić. On navodi i veze koje je dopisni član JAZU M. Milanković održavao sa J. Majcenom, V. Varićakom, A. Mohorovičićem.

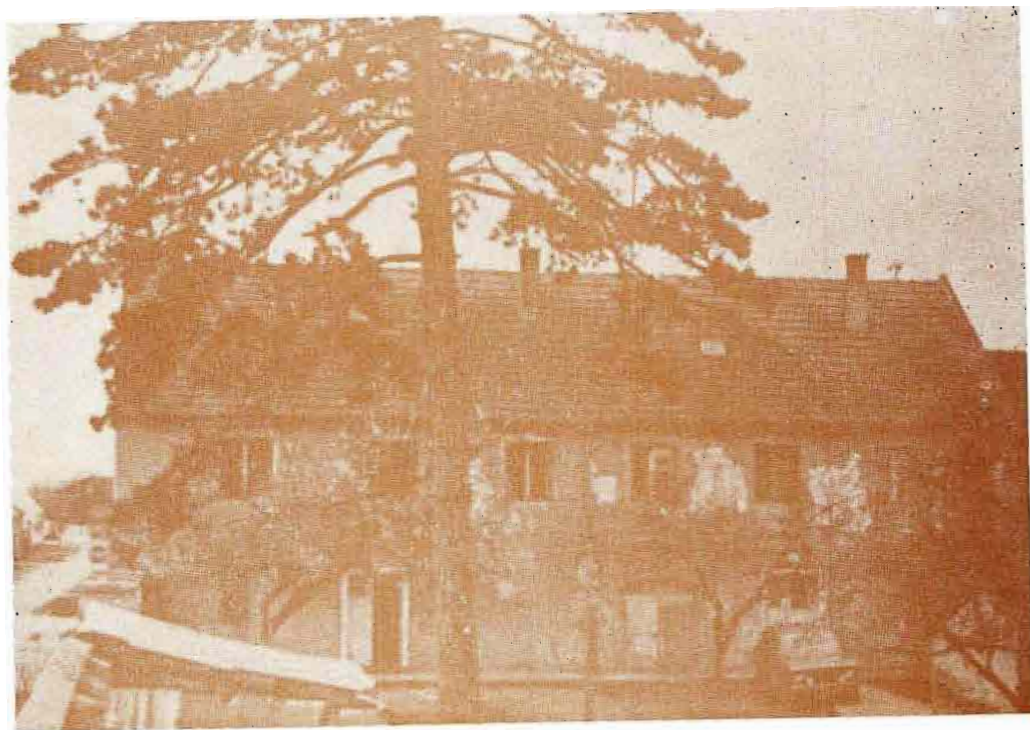
Paralelu između M. Milankovića i našeg velikog matematičara, a njegovog prijatelja Mihaila Petrovića, čiji je skromnošću Milanković bio opčinjen, napravio je D. Trifunović. Sličnu analizu izvršio je i M. Tomić u gore pomenutom radu.

M. Mužijević je dala „selektivan i koncizan popis Milankovićevih radova”; 31 ih je u posebnim, 69 u časopisima, a 8 u vidu priloga drugim izdanjima.

*Milan Jeličić*



*Милутиин Миланковић, почасти члан Астѝрономској друшћива „Руђер Бошковић“ ошћивара заједничку изложбу нашеј друшћива и Астѝронаућичкој друшћива ВСУ, у Београду 25. маја 1954. године.*



*Породична кућа Миланковићевих у Далњу — дворишна сћрана.*

# VASIONA



## CASOPIS ZA ASTRONOMIJU I ASTRONAUTIKU

Фрушка гора 1928. У штрајању за месецом за Астрономску ојсервајторију, слева: матемајичар Радивоје Кашићин, физичар Јеленко Михајловић, матемајичар Михајло Пејровић, књижевник Павле Појовић, матемајичар Анђел Билимовић, Милујин Милашковић и астроном Војислав В. Мишковић.

