

MILUTIN MILANKOVIĆ I ASTRONOMIJA

MILAN S. DIMITRIJEVIĆ

Astronomical Observatory, Volgina 7, 11000 Belgrade, Serbia, Yugoslavia
E-mail: mdimitrijevic@aob.bg.ac.yu

1. RAD MILUTINA MILANKOVIĆA U ASTRONOMIJI

Milutin Milanković (Dalj, 28.V.1879 - Beograd, 12.XII.1958) je u istoriju nauke ušao kao čovek koji je objasnio pojavu ledenih doba, sporim promenama u osunčavanju Zemlje usled različitih uticaja usled kojih se menja nagib Zemljine ose i karakteristike njenog kretanja oko Sunca. Milanković je rastumačio i istoriju klime na Zemlji i drugim planetama i tvorac je matematičke teorije klime i teorije o pomeranju Zemljinih polova. Unapredio je nebesku mehaniku u koju je uveo vektorski račun a dao je i nekoliko originalnih doprinosa rešavanju problema tri tela, što je detaljno analizirano u radovima Popovića (1979ab). Bavio se i pitanjem reforme kalendara, predloživši njegovo poboljšanje. Milanković od 1909. godine predaje astronomske sadržaje na Beogradskom Univerzitetu (vidi na primer Dimitrijević, 1997b). Napisao je udžbenike za fakultet *Nebeska mehanika* (Milanković, 1935), *Istorija astronomske nauke od njenih početaka do 1727.* (Milanković, 1948a) i *Astronomska teorija klimatskih promena i njena primena u geofizici* (Milanković, 1948b), pri čemu je zadnji namenjen postdiplomcima i doktorantima. Milanković je dao značajan doprinos i popularizaciji astronomije i njegova knjiga *Kroz vasionu i vekove* doživela je više izdanja (Milanković, 1926a, 1927, 1928ab, 1936, 1939a, 1943, 1944, 1952, 1979c, 1997c).

Milanković je dao veliki doprinos organizaciji astronomije u našoj zemlji. Godine 1925., on je u grupi profesora Filozofskog fakulteta u Beogradu predvodjenom Miškovićem, koja je 30. aprila (Indjić, 1997) povelala akciju za izgradnju nove Astronomske opservatorije u Beogradu. Od 1933. do 1940. godine, Milanković je član ispitne komisije za polaganje državnog ispita za osoblje Astronomske opservatorije u Beogradu za predmet - Nebeska mehanika. Od 1936. do 1939. godine on je predsednik prvog Nacionalnog komiteta za astronomiju, uz pomoć koga je Jugoslavija postala član Medjunarodne astronomske unije. Na godišnjoj skupštini Jugoslovenskog astronomskeg društva (Danas Astronomsko društvo "Rudjer Bošković"), održanoj 21. januara 1940. izabran je za počasnog člana na predlog Stjepana Mohorovičića i Vojislava Grujića. Za počasnog člana Astronomskog društva "Rudjer Bošković", ponovo je izabran 22. februara 1953. Na Kongresu Medjunarodne astronomske unije 1948. u Cirihi, izabran je za člana Komisije 7 za Nebesku mehaniku, koja je tada obnovljena posle ukidanja 1932. godine. Kada je maja 1948. godine prihvaćena ostavka Vojislava Miškovića na položaj direktora, za direktora Opservatorije biva imenovan akademik

Milutin Milanković. On je honorarni direktor Opservatorije do 27. januara 1951. kada postaje direktor sa punim radnim vremenom i na ovom položaju ostaje do 26. juna 1951. Predsednik Naučnog saveta Opservatorije ostaje do marta 1954. godine. Rad Milutina Milankovića kao direktora Astronomske opservatorije, detaljno je analiziran u radu Popovića i Dimitrijevića (1999). Godine 1949., 26. oktobra izabran je za člana naučnog saveta Astronomske - Numeričkog instituta Srpske akademije nauka.

2. KANON OSUNČAVANJA ZEMLJE

Astronomskim uzrocima klimatskih promena i matematičkom teorijom klime Milanković počinje da se bavi u Beogradu pa 1912. objavljuje *Prilog teoriji matematičke klime* (Milanković, 1912b), 1913. *O primeni matematičke teorije sprovođenja toplote na probleme kosmičke fizike* (Milanković, 1913), a 1916. *Ispitivanja o klimi planete Mars* (Milanković, 1916). U *Théorie mathématique des phénomènes thermiques produits par la radiation solaire* (Matematička teorija toplotnih pojava izazvanih Sunčevim zračenjem) (Milanković, 1920), Milanković razvija teoriju zasnovanu na principima Nebeske mehanike i Teorijske fizike, koja objašnjava raspodelu Sunčevog zračenja u međuplanetarnom prostoru i na površinama planeta. On takodje pokazuje vezu između osunčavanja i temperature planetarnih slojeva i pokazuje dnevnu, godišnju i vekovnu promenu osunčavanja.

Godine 1926. objavljuje naučni rad *Ispitivanje o termičkoj konstituciji planetarske atmosfere* (Milanković, 1926). U ovim radovima on je posebnu pažnju posvetio klimi planete Mars i utvrdio da je na ovoj planeti srednja godišnja temperatura minus 17 Celzijusovih stepeni. Njegova istraživanja klime Marsa kao i predviđanja da na ovoj planeti nema visokorazvijenog života, potvrdila su moderna kosmička istraživanja. U vezi sa istraživanjem Marsa, naučni radovi Milankovića su korišćeni u naučnim istraživanjima i raspravama o tečnoj vodi na Marsu (Hoffert *et al.*, 1981), o kori i atmosferi Marsa (Miyamoto, 1966), o površinskoj temperaturi i klimi na Marsu (Gifford, 1956), kao i o astronomskoj teoriji o klimatskim promenama na Marsu (Toon *et al.*, 1980).

U Kanonu Milanković je objedinio rezultate svojih dugogodišnjih istraživanja u kojima je pokazao da su dugoperiodične ciklične promene klime na Zemlji i pojava ledenih doba, posledica sledeća tri uzroka:

(a) Promene nagiba Zemljine ose između 22° i 24.5° sa periodom od 41,000 godinu, usled čega se menjaju uslovi osunčavanja na nekoj izabranoj tački na Zemlji.

(b) Promena ekscentričnosti Zemljine putanje oko Sunca sa periodom od 100,000 godina usled čega se menja udaljenost Zemlje od Sunca što ima uticaj i na trajanje godišnjih doba.

(c) Precesija usled koje se tačka zimskog solsticija pomera duž prividne godišnje Sunčeve putanje, što utiče na dužinu trajanja godišnjih doba sa periodom od 22,000 godina.

Da bi razrešio problem pojave ledenih doba u kvartaru, Milanković 1932. godine dolazi do svoje čuvene diferencijalne jednačine kretanja Zemljinih polova. On nalazi da se pre oko 300 miliona godina Severni pol nalazio u Tihom okeanu na geografskoj širini od 20° i dužini od 168° . I danas Severni pol se kreće prema svom ravnotežnom

krajnjem položaju u Sibiru, blizu mesta gde reka Pečora utiče u Severni ledeni okean (Milanković, 1933a-d; 1934ab).

Najznačajnije delo Milutina Milankovića je *Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem* (Kanon osunčavanja Zemlje i njegovog uticaja na problem ledenih doba) (Milanković, 1941). To je njegovo kapitalno naučno delo, monografija koja uključuje rezultate istraživanja, koji su prethodno bili publikovani u 28 naučnih radova. U ovoj monografiji ti rezultati su sakupljeni u celinu, zajedno sa novim analizama i dodacima i sa brojnim primerima i primenama njegove teorije. U ovom kapitalnom delu Milanković daje matematičku teoriju klime Zemlje (koja se može primeniti i na druge planete), objašnjava poreklo ledenih doba i daje svoju teoriju pomeranja Zemljinih polova. Kanon je Milanković počeo da piše 30. marta 1939. a završio ga je u prvoj polovini februara 1941. (Indjić, 1997).

Dimitrijević (1997a) daje rezultat istraživanja prisustva Milankovićevoeg Kanona u Indeksu citata u periodu 1946. - 1996. U ovom periodu nadjeno je 253 referenci koje citiraju Kanon. Analizom raspodele citiranja Kanona po godinama, izveden je zaključak da je ovo jedinstveno delo, čija citiranost ne opada sa godinama nego raste ili ostaje konstantna. Tako se u periodu od 1945. do 1960. Kanon citira 5 puta. U periodu od 1961. do 1975. godine jedan do dva puta godišnje s tim što 1964. i 1971. nije zabeležen u Indeksu citata, 1961. se citira tri puta, a 1966. šest puta. Prvi skok u citiranosti je verovatno povezan sa završetkom Američkog CLIMAP (Climate Long Range Investigation, Mapping and Prediction) projekta 1976. godine (Hays, Imbrie i Shackleton, 1976). Povećanju citiranosti u to vreme svakako je doprinela i pojava engleskog izdanja Kanona (Milanković, 1969). Posle blagog porasta (1976. pet puta, 1977. tri puta), 1978. nastaje skok na osam citata i u periodu od 1978. do 1990. Kanon se citira od šest do 12 puta godišnje. Godine 1991., dolazi opet do skoka, Kanon je citiran 19 puta; 1992., 17 puta; 1993., 19 puta; 1994., 13 puta; 1995., 14 puta i 1996., 14 puta. Ovaj drugi skok u citiranosti verovatno je povezan sa radjanjem nove naučne discipline - ciklostratigrafije, koja je zasnovana na Milankovićevoj krivoj osunčavanja. Prvi međunarodni kongres posvećen novoj naučnoj oblasti bio je u Perudji 1988. godine.

U Indeksu naučnih citata objavljenom u periodu 1946 - 1996, Dimitrijević (1997a) je pronašao 522 citata Milutina Milankovića. Oni se odnose na 17 članaka i knjiga a u tri slučaja citiranje je indirektno. Osim kanona za koji je nadjeno 253 citata, naučni radovi Milanković (1920), Milanković (1930ab) i Milanković (1938ab; 1939d) imaju 46, 135 i 37 citata. Ovi članci su blisko povezani sa matematičkom teorijom klime i njihovi rezultati su uključeni u Kanon, kao i rezultati drugih radova (Milanković, 1923; Milanković, 1931; Milanković, 1933d) citiranih (prema SCI) u neposrednoj vezi sa astronomskim problemima. Astronomski problemi u vezi sa kojima se koristi ova grupa radova su na primer: promene klime u kosmičkoj perspektivi (Opik, 1965, 1966; van den Heuve, 1966), masena spektrometrija u kosmoemiji (Delaeter, 1990), sekularne promene u zvezdanoj strukturi i ledena doba (Opik, 1950), Sunčevi neutrini i promene sjaja Sunca (Ulrich, 1975), fundamentalni astronomski sistem (Fleckenstein, 1953), stabilnost Sunčevog sistema (Kopal, 1980)...

Napominjem da se pojavom Indeksa citata (Science Citation Index - SCI), koji danas naročito u prirodnim naukama obuhvata najznačajniju literaturu koja izlazi

u svetu, razvio Metod indeksa citata za istraživanje naučnog stvaralaštva i njegovog značaja. U mnogobrojnim analizama, pokazano je (Hajtun, 1993), da je broj citata indikator *kvaliteta* naučnog rada, njegove *vrednosti, značaja, koristi i važnosti*. Metod Indeksa citata interesantan je i za istoričare nauke, da bi identifikovali najznačajnije autore, dela, kao i različite formalne i neformalne grupe. On je takodje indikator *individualnog doprinosa nauci* pojedinog naučnika i njegovog *prestiza*. Osim toga, podaci o citiranosti ukazuju na radove, koje smatraju važnim oni naučnici koji su upravo aktivni u datoj naučnoj oblasti (Garfield, Welljams-Dorof, 1992).

Broj od 253 citata u razmatranom periodu (1946 - 1996), identifikuje Kanon kao najcitiranije (u bazi podataka Indeksa citata) pojedinačno delo iz astronomije, kod Srba (Dimitrijević, 1996). Osim toga utvrđeno da su su značajna dela starijih naučnika manje citirana od savremenih dela iste takve važnosti, s obzirom da se broj citata jednog dela u proseku smanjuje sa godinama a nauka se tako razvija da sa vremenom broj naučnika pa samim tim i verovatnoća citiranja raste. Ako uzmemo u obzir činjenicu da je Kanon napisan i objavljen pre drugog svetskog rata, možemo zaključiti i da je to najcitiranije u međunarodnoj naučnoj javnosti pojedinačno delo (prema Indeksu citata), koje je do početka perioda obuhvaćenog Indeksom citata (1946.) objavljeno kod Srba i od strane Srba u nauci u celini. Godine 1997, Kanon je objavljen na srpskom jeziku (Milanković, 1997a).

3. NEBESKA MEHANIKA

Ministar prosvete i crkvenih poslova Ljub. Stojanović potpisuje 9 septembra 1909. godine ukaz o postavljenju Milutina Milankovića, koji je radio kao viši inženjer u preduzeću Betonbau - Unternehmung Pittel und Brausewetter u Beču, za vanrednog profesora primenjene matematike, koju su činile racionalna mehanika, nebeska mehanika i teorijska fizika. Tako Milanković dolazi u Srbiju u Beograd i započinje univerzitetsku karijeru. Predavanja drži u ciklusima od šest semestara pri čemu je nebeskoj mehanici pripadao nepun semestar. On se bavi i naučnim istraživanjem u oblasti nebeske mehanike a dobijene rezultate objavljuje u radovima *Osobine kretanja u jednom specijaliziranom problemu triju tela* (Milanković, 1910), *O opštim integralima problema n tela* (Milanković, 1911), *O kinematičkoj simetriji i njenoj primeni na kvalitativna rešenja problema dinamike* (Milanković, 1912a). Za redovnog profesora primenjene matematike izabran je 29 septembra 1919. godine a od školske 1920/21. godine predaje samo teorijsku fiziku i nebesku mehaniku, a racionalnu mehaniku prepušta Antonu Bilimoviću, bivšem profesoru Univerziteta u Odesi. Zahvaljujući uvodjenju vektorskih metoda, ova predavanja bila su modernija nego na nekim zapadnim univerzitetima. Posle okupacije naše zemlje, ostaje na Univerzitetu do poslednje sednice fakultetskog odbora 19. oktobra 1941., posle koje zajedno sa celokupnim osobljem Univerziteta biva stavljen na raspolaganje. Od 6 marta 1942. postavljen je za redovnog profesora Filozofskog fakulteta Univerziteta u Beogradu na katedri za teorijsku i primenjenu matematiku za predmete astronomija i nebeska mehanika. Posle drugog svetskog rata nastavlja da predaje nebesku mehaniku na Beogradskom fakultetu kao poseban predmet sa fondom časova 2 + 0. Osim toga, jedan semestar kursa nebeske mehanike koristio je za obradu istorije astronomije, tako da su studenti ove dve naučne discipline polagali kao jedan predmet (Andjelić, 1977).

Nebesku mehaniku, koja je predstavljala udžbenik za ovaj predmet (Milanković, 1935), je započeo prema pedantnim beleškama koje je vodio, 20 jula 1934. godine a završio je 14 januara 1935 (Indjić, 1993). Zahvaljujući tome što je među prvima u svetu za izlaganje nebeske mehanike koristio metode vektorskog računa on je "u najmanju ruku tri puta sazeo, skratio, uprostio i učinio očiglednijom, za šta je dobio i inostrana priznanja" (Ševarlić, 1979; B. Š. (Ševarlić), 1980; Popović, 1979ab). Umesto šest brojevanih elemenata koji su do tada služili za određivanje eliptičkih putanja nebeskih tela u Sunčevom sistemu, on uvodi dva vektora "čime je znatno uprostio i učinio elegantnijim sva rešenja u ovoj oblasti" (Ševarlić, 1979).

Predratno izdanje *Nebeske mehanike* Milanković je sazeo i pod naslovom *Osnovi nebeske mehanike* objavio 1947. godine kao udžbenik za taj predmet (Milanković, 1947). U ovom skraćenom izdanju iznet je deo nebeske mehanike koji se bavi kretanjem planeta i njegovim sekularnim poremećajima. Osim toga, koristeći rezultate svoga rada *O upotrebi vektorskih elemenata u računu planetskih poremećaja* (Milanković, 1939bc) i *Kanona* (Milanković, 1941) dolazi do "glavnih stavova izložene teorije kraćim i preglednijim putem nego što je to drugde učinjeno" (Milanković, 1947, predgovor). Ovaj njegov rad našao je široku primenu u astronomiji i citiran je više puta (Musen, 1947, 1948, 1961, 1966; Fleckenstein, 1952; Allan i Ward, 1963; Deprit, 1975; Hestenes, 1983; Bartnik *et al.* 1988) u vezi sa problemom tri tela u slučaju planeta i zvezda, ispitivanjem planetarnih putanja i istraživanjem kretanja veštačkih satelita. Drugo izdanje objavljeno je 1955. godine (Milanković, 1955a), treće 1980. godine (Milanković, 1980), povodom stogodišnjice njegovog rođenja, 1978. godine a četvrto 1988. (Milanković, 1988). Pored toga godine 1977. objavljeno je kompletno predratno izdanje (Milanković, 1997b).

4. ISTORIJA I POPULARIZACIJA ASTRONOMIJE

Interes za istoriju nauke pojavio se kod Milankovića još za vreme njegovog boravka u Beču. U svojim *Uspomenama, doživljajima i saznanjima* (Milanković, 1979b) on ističe "da se svaka nauka može samo onda u potpunosti shvatiti kada se upozna njen postanak i postepeni razvitak" i opisuje kako se u njemu "začela misao da je istorija nauka najveličanstveniji deo cele istorije čovečanstva" (Mužijević, 1979), kao i ljubav prema takvoj istoriji. Milanković je čitao, proučavao i sakupljao dela iz istorije nauke i tehnike i to sistematski sa strašću kolekcionara. Kao profesor univerziteta pobrinuo se da biblioteka seminara za matematiku a i biblioteka Astronomske opservatorije "pruži jasan pregled istorijskog razvitka tih nauka" (Milanković, 1979b). U svojoj knjizi *Tehnika u toku davnih vekova* (Milanković, 1955b) on sa žaljenjem konstatuje da "dok bi dela svetske istorije napunila veliku biblioteku, najvažnija dela istorije matematike, astronomije i fizike mogu se smestiti u ma kojoj ličnoj biblioteci". Za razliku od svetske istorije, prema Milankoviću u istoriji nauke umesto naslednih vladara, glavnu ulogu igraju oni koji su svoje mesto u istoriji osvojili snagom svoga duha i napominje da se "vredelo upoznati izblize sa njima! Zato se moja lična biblioteka iz godine u godinu obogaćivala delima iz istorije egzaktnih nauka i njihovih primena" (Milanković, 1953 uvod).

Istorija astronomije objavljena je 1948. godine (Milanković, 1948a) njeno drugo izdanje 1954. (Milanković, 1954) a treće 1979., takodje povodom stogodišnjice rođenja

1978. godine (Milanković, 1979a). Osim toga, ova knjiga je prevedena i na slovenački jezik i objavljena u Ljubljani 1951. godine. (Milanković, 1951), a objavljena je i 1997. godine (Milanković, 1997b).

Knjigu Istorija astronomske nauke od njenih početaka do 1727., koja je bila udžbenik za istoriju astronomije, počinje da piše krajem novembra 1946., rukopis je pripremljen za štampu 19 septembra 1947. godine a knjiga je štampana 1948. godine. U ovoj zanimljivoj i veoma lepo dokumentovanoj knjizi, obuhvatio je period od prvih početaka astronomske nauke pa do Njutnove smrti 1727. godine. Pri tome, on u ovome delu daje i svoj originalni naučni doprinos, "kao što je na primer raščišćavanje uloge Aristarha u razvoju heliocentrične misli ili dokaz da je Apolonije stvorio svoju znamenitu teoriju epicikala polazeći od heliocentrizma, a ne od geocentrizma, kao što se pre njega smatralo" (Ševarlić, 1979). U svome prikazu B. Ševarlić (1980a) kaže: "Knjiga po svojim kvalitetima, predstavlja malo remek-delo, pravi spomenik Milankovićevog nastavnog i naučnog rada koje studenti sa velikim interesovanjem proradjuju. No knjiga daleko prevazilazi udžbeničke okvire i predstavlja pravu poslasticu za sve ljubitelje astronomije." Njegova želja izražena u predgovoru "da jednim kasnijim delom, obuhvati u širem obimu celokupnu istoriju astronomije", ostala je na žalost neostvarena.

Svoje remek delo u oblasti popularizacije astronomske nauke, knjigu *Kroz vasionu i vekove* (Milanković, 1928b), Milanković je počeo da piše u leto 1925. godine u Austriji. U periodu od 1926. do 1928. godine objavljivao ga je u nastavcima u Letopisu Matice srpske (Milanković, 1926a, 1927, 1928a) a kao knjigu je objavio 1928. (Milanković, 1928b). Godine 1936. knjigu je preveo na nemački pri čemu je preradio i znatno proširio tekst (Milanković, 1936), a drugo nemačko izdanje izašlo je u Lajpcigu 1939. (Milanković, 1939a). Znatno prošireno srpsko izdanje izlazi 1943. (Milanković, 1943), a ova knjiga je ponovo izdavana još četiri puta (Milanković, 1944, 1952, 1979c, 1997c). Pojedina pisma iz knjige *Kroz vasionu i vekove* Milanković je objavljivao u *Politici* (19. XII 1928), *Deutsche Allgemeine Zeitung* (2. XII 1936), *Aachener Anzeiger u. Politisches Tageblatt* (20. X 1936), *Wolfenbütteler Zeitung* (9. X 1936), *Das Weltall* (1936, Vol. 37, No 4), *Berwardsblatt* (1937, No 22), *Kasseler Post* (1. VI 1937), *Mitteldeutsche National Zeitung* (23. V 1937), *Osteroder Zeitung* (25. V 1937), *Saarbrücker Landes Zeitung* (21. V 1937) *Schwerter Zeitung* (7. VI 1937), *Sonntagsbeilage der Nordhäuser Zeitung* (5. VI 1937), *Der Westen* (13. VI 1937), *Altonaer Nachrichten* (17. III 1937), kao i u časopisima *Saturn* (1938, Vol. IV, Nos. 1, 2 i 3), *Proteus* (Ljubljana, 1940, VII, Nos. 2/3, 4/5, 1941, VIII, No 9) i u almanahu naučne fantastike *Andromeda* (1978, No 3). Ova zanimljivo pisana knjiga u obliku pisama sa obiljem podataka o istoriji astronomije i problemima ove nauke, verovatno je naša najviše objavljivana knjiga iz oblasti popularizacije nauke.

5. KALENDAR

Jedan od najvažnijih zadataka astronomije u prošlosti bio je praćenje perioda izmene godišnjih doba, zbog njegove izuzetne važnosti za čovekovu delatnost. Ciklus izmene godišnjih doba definisan jednim obrtajem Zemlje oko Sunca (precizno rečeno period između dva prolaska prividnog lika Sunca kroz prolećnu ili gama tačku za vreme

uzastopnih prolećnih ravnodnevnica) naziva se tropska godina i iznosi 365,2422 dana. Kalendar je sistem po kome se tropska godina deli na dane, nedelje i mesece. Glavna teškoća je u tome što kalendar mora imati ceo broj dana, a tropska godina ih nema. Zato se nastoji da pravila za kalendar dovedu do toga da u dužem nizu godina kalendarska godina bude u proseku što bliža tropskoj.

Još stari Egipćani su zapazili da je godina od 365 dana, koja je primenjivana u Mesopotamiji suviše kratka. Svake četiri godine razlika poraste za gotovo jedan dan. Ova neusaglašenost ispravljena je Kanopskim ediktom 238. godine pre n.e. tako što je svaka četvrta godina određena kao prestupna pa ima jedan dan više t.j. 366 dana. Prema savetu astronoma Sozigena ovaj kalendar je u Rimu uveo Julije Cezar 46. godine pre n.e., pa se po njemu takav kalendar naziva Julijanski. Prestupne godine su definisane jednostavnim matematičkim pravilom, to su one koje su deljive sa 4. Po julijanskom kalendaru, godina u četvorogodišnjem proseku traje 365,25 dana t.j. nešto je duža od tropske, pa kasni za promenom godišnjih doba. Ona se od tropske razlikuje za 0.0078 dana. Razlika od 1 dan nakupi se za 128 godina. Zato se početak kalendarske godine morao s vremena na vreme podešavati, kao što je to urađeno na koncilu u Nikeji 325. godine.

Papa Grgur XIII uveo je 1582. godine kalendar prilagodjeniji tropskoj godini na savet astronoma Lillioa. Ovaj kalendar dobio je ime gregorijanski. Lilio je predložio da se u roku od 400. godina tri prestupne godine pretvore u obične. Tako je postavio pravilo da nisu prestupne godine kojima se završavaju stoleća a koje imaju dve nule na kraju, osim ako su deljive sa 400. To znači da na primer u prvih 400 godina jednog milenijuma nisu prestupne godine koje se završavaju na 100, 200 i 300. Sada kalendarska godina traje 365,2425 dana pa je od tropske duža za 0.0003 dana. Ta će razlika narasti na jedan dan tek nakon 3000 godina.

Na saboru pravoslavne crkve u Carigradu, 1923. godine, dat je predlog koji je srpski astronom Milutin Milanković (Milanković, 1997d) razradio zajedno sa profesorom Trpkovićem, još tačniji nego što je to gregorijanski kalendar. Umesto 3 dana u 4 stoleća, treba oduzeti 7 dana u 9 stoleća ili 0.0077 dana po godini. To znači da bi samo 2 od 9 godina kojima se završavaju stoleća bile prestupne. Pravilo je da su prestupne godine koje se završavaju sa dve nule samo ako broj vekova koji sadrže podeljen sa 9 daje ostatak 2 ili 6. Na primer 2000. godina kojom se završava XX vek je prestupna pošto je $20:9=18$ i ostatak je 2. Milankovićev predlog se u srednjem razlikuje od prave tropske godine za 0.000002 dana. Dalja usavršavanja što se tiče približavanja trajanju tropske godine nisu potrebna, jer se i ona u dužim periodima menja. Eventualna dalja usavršavanja ako ih bude, pre će težiti pogodnijoj raspodeli dana unutar meseci zbog različitih prednosti koje bi iz toga mogle da proizadju.

Milutin Milanković je najznamenitiji srpski astronom. Treba takodje istaći da je za razliku od Nikole Tesle i Mihajla Pupina koji su do svojih otkrića došli u inostranstvu, Milanković svetsku slavu stekao radeći u Beogradu, u svojoj skromnoj sobi u Kapetan Mišinom zdanju. U čast njegovih naučnih dostignuća na polju astronomije, na XIV Kongresu Medjunarodne astronomske unije u Brajtonu, jedan krater na nevidljivoj strani Meseca (sa koordinatama $+170^{\circ}$ $+77^{\circ}$) dobio je njegovo ime. Na XV Kongresu Medjunarodne astronomske unije u Sidneju, njegovo ime je dobio i jedan krater na Marsu (sa koordinatama $+147^{\circ}$, $+55^{\circ}$), a 1982. je mala planeta sa privremenom oz-

nakom 1936 GA, koju su 1936. otkrili Milorad Protić i Pero Djurković, dobila ime 1605 Milanković.

Literatura

- Allan, R.R., Ward, G.N.: 1963, Planetary equations in terms of vectorial elements, *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*, **59**, 669.
- Andjelić, Tatomir: 1977, *Mehanika*. u Trideset godina Prirodno - Matematičkog fakulteta u Beogradu, PMF, Beograd, 151.
- Bartnik, E.A., Haberzettl, H., Sandhas, W.: 1988, Equations of Motion Using the Dynamical Evolution of the Runge-Lenz Vector, *Astrophysical Journal*, **334**, 517.
- Delaeter, J. R.: 1990, Mass-Spectrometry in Cosmochemistry, *Mass Spectrometry Reviews*, **9**, 453.
- Deprit, A.: 1975, Ideal elements for perturbed Keplerian motions, *Journal of Research of the National Bureau of Standards, section B, Mathematics and Mathematical Physics*, **79**, 1.
- Dimitrijević, M. S.: 1996, Serbian astronomers in Science Citation Index in 1961 - 1995, period, *Publ. Obs. Astron. Belgrade*, **54**, 217.
- Dimitrijević, M. S.: 1997a, Milutin Milanković in Science citation index 1946 - 1996, *Bull. Astron. Belgrade*, **156**, 205.
- Dimitrijević, M. S.: 1997b, Predgovor, U: Milanković, Milutin, *Nebeska mehanika / Istorija astronomske nauke*, urednik: M. S. Dimitrijević, Izabrana dela Milutina Milankovića 3, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd.
- Fleckenstein, J.O.: 1952, Les theoremes de Laplace sur les perturbations seculaires dans les elements vectoriels des orbites planetaires, *Experientia*, **8**, 136.
- Fleckenstein, J.O.: 1953, Erdkreisel der Geophysik und Fundamentalsystem der Astronomie, *Experientia*, **9**, 437.
- Garfield, E., Welljams-Dorof, A.: 1992, Science and Public Policy, **19** (5), 321.
- Gifford, F.: 1956, The Surface - temperature climate of Mars, *Astrophysical Journal*, **123**, 154.
- Hajtun, S.D.: 1983, *Naukometriya, sostoyanie i perspektivy*, Nauka, Moskva.
- Hays, J. D., Imbrie, J., Shackleton, N. J.: 1976, Variations in Earth's orbit peacemaker of ice ages, *Science*, **194**, 1121.
- Hestenes, D.: 1983, *Celestial Mechanics with Geometric Algebra*, *Celestial Mechanics*, **30**, 151.
- van den Heuvel, E. P. J.: 1966, On climatic change in cosmic perspective, *Icarus*, **5**, 214.
- Hoffert, M.I., Callegari, A.J., Hsieh, C.T., Ziegler, W.: 1981, Liquid Water on Mars - An Energy-Balance Climate Model for $CO_2 - H_2O$ Atmospheres, *Icarus*, **47**, 112.
- Indjić, Milica: 1993, Bibliografija Milutina Milankovića, SANU, Bibliografije, Knj. II, Odeljenje jezika i književnosti, knj. 2, urednik Miroslav Pantić, Beograd, 1993.
- Indjić, M.: 1997, Life, scientific and professional activity of Milutin Milanković, *Bulletin Astronomique de Belgrade*, **155**, 169.
- Kopal, Z.: 1980, Stability of the Solar-System, *Moon and the Planets*, **22**, 5.
- Milanković, Milutin: 1910, Osobine kretanja u jednom specijaliziranom problemu triju tela, *Glas SKA*, **LXXIX**, 218.
- Milanković, Milutin: 1911, O opštim integralima problema n tela, *Glas SKA*, **LXXXIII**, 156.
- Milanković, Milutin: 1912a, O kinematičkoj simetriji i njenoj primeni na kvalitativna rešenja problema dinamike, *Glas SKA*, **LXXXV**, 109.
- Milanković, Milutin: 1912b, Prilog teoriji matematičke klime, *Glas SKA*, **LXXXVII**, 136.
- Milanković, Milutin: 1913, O primeni matematičke teorije sprovođenja toplote na probleme kosmičke fizike, *Rad JAZU*, **200**, 109.
- Milanković, Milutin: 1916, Ispitivanja o klimi planete Mars, *Rad JAZU*, **213**, 64.
- Milanković, Milutin: 1920, Théorie mathématique des phénomènes thermiques produits par la radiation solaire, Paris, Zagreb, Gauthier-Villars et Cie, Ed. Académie Yougoslave des Sciences et des Arts.

- Milanković, Milutin: 1923, Kalorična godišnja doba i njihova primena u paleoklimatskom problemu, *Glas SKA*, **CIX**.
- Milanković, Milutin: 1926a, Kroz vasionu i vekove. Pisma jednog astronoma, I-VII, *Letopis Matice srpske*, **307**, 16-19, 221-224; **308**, 52-55; **309**, 61-65, 314-316; **310**, 119-122, 309-312.
- Milanković, Milutin: 1926b, Ispitivanja o termičkoj konstituciji planetских atmosfera, *Glas SKA*, **CXX**, 19.
- Milanković, Milutin: 1927, Kroz vasionu i vekove. Pisma jednog astronoma, VIII-XV, *Letopis Matice srpske*, **311**, 69-79, 341-348; **312**, 73-80, 263-269; **313**, 180-185; **314**, 36-50, 193-210, 355-364.
- Milanković, Milutin: 1928a, Kroz vasionu i vekove. Pisma jednog astronoma, XVI-XXIV, *Letopis Matice srpske*, **315**, 55-64, 203-211, 364-369; **316**, 79-82, 221-225, 382-386; **317**, 64-69, 180-186; **318**, 73-82.
- Milanković, Milutin: 1928b, Kroz vasionu i vekove. Pisma jednog astronoma, I-XXXVI, Matice Srpska, Novi Sad.
- Milanković, Milutin: 1930a, Mathematische Klimalehre und Astronomische Theorie der Klimaschwankungen, Handbuch der Klimatologie, Bd I, T.A. Hrsg. von W.Köppen und R. Geiger, Berlin, Gebrüder Borntraeger.
- Milanković, Milutin: 1930b, Mathematische Klimalehre und Astronomische Theorie der Klimaschwankungen, Berlin, Gebrüder Borntraeger.
- Milanković, Milutin: 1931, Astronomska teorija sekularnih varijacija klime, *Glas SKA*, **CXLIII**, 27.
- Milanković, Milutin: 1933a, Drehbewegungen der Erde, Handbuch der Geophysik, Bd 1, Lieferung 2, Abschnitt VI. Hrsg von Beno Gutenberg, Berlin, Gebrüder Borntraeger, 371.
- Milanković, Milutin: 1933b, Säkulare Polverlagerungen, Handbuch der Geophysik, Bd 1, Lieferung 2, Abschnitt VII. Hrsg von Beno Gutenberg, Berlin, Gebrüder Borntraeger, 438.
- Milanković, Milutin: 1933c, Numeričko izračunavanje sekularne putanje Zemljinih polova, *Glas Srpske Kraljevske Akademije*, **CLIV**, Prvi razred, **77**, 3.
- Milanković, Milutin: 1933d, Das Problem der Verlagerungen der Drehpole der Erde in den exakten und in den beschreibenden Naturwissenschaften. Erinnerungen an Alfred Wegener, *Publications mathématiques de l'Université de Belgrade*, **II**, 166.
- Milanković, Milutin: 1934a, Der Mechanismus der Polverlagerungen und die daraus sich ergebenden Polbahnkurven, *Gerlands Beiträge zur Geophysik*, **42**, 70.
- Milanković, Milutin: 1934b, Zur Berechnung der Polfluchtkraft. Antwort auf die Bemerkungen von Herrn Grabowski, *Gerlands Beiträge zur Geophysik*, **43**, 325.
- Milanković, Milutin: 1935, Nebeska mehanika, Zadužbina Luke Čelovića - Trebinjca, Beograd.
- Milanković, Milutin: 1936, Durch ferne Welten und Zeiten. Briefe eines Weltallbumblers, Koehler und Amelang, Leipzig.
- Milanković, Milutin: 1938a, Astronomische Mittel zur Erforschung der Erdgeschichtlichen Klimate, Handbuch der Geophysik, Bd IX, Lieferung 3, Abschnitt VII. Hrsg von Beno Gutenberg, Berlin, Gebrüder Borntraeger, 593.
- Milanković, Milutin: 1938b, Neue Ergebnisse der Astronomischen Theorie der Klimaschwankungen, *Bulletin de l'Academie Royal Serbe*, 1938, Academie des Sciences Mathématiques et Naturelles A, Sciences Mathématiques et Physiques, 4, 1-41 + 14 Tab.
- Milanković, Milutin: 1939a, Durch ferne Welten und Zeiten. Briefe eines Weltallbumblers, 2 Aufl., Koehler und Amelang, Leipzig.
- Milanković, Milutin: 1939b, Ueber die Verwendung vektorieller Bahnelemente in der Störungsrechnung, *Bulletin de l'Academie Royal Serbe*, 1939, Academies des Sciences Mathématiques et Naturelles A, Sciences Mathématiques et Physiques, 6, 1-70.
- Milanković, Milutin: 1939c, O upotrebi vektorskih elemenata u računu planetских poremećaja, *Glas Srpske kraljevske akademije*, **CLXXXI**, 1.

- Milanković, Milutin: 1939d, Matematičeskaya klimatologiya i astronomičeskaya teoriya kolebaniya klimata. Perevod s nemeckogo A. Kh. Khrgjan. Pod redakcij prof. S. L. Bastamova. S dobavljeniem A. Kh. Khrgjana "Klimaty geologičeskikh epokh i peremeshčeniye materikov". Moskva, Leningrad. Gosudarstvennoe ob'edinennoe nauchno-tehničeskoe izdatel'stvo.
- Milanković, Milutin: 1941, Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem, Posebna izdanja Srpske kraljevske akademije, **CXXIII**, Beograd.
- Milanković, Milutin: 1943, Kroz vasionu i vekove. Jedna astronomija za svakog, Jugoistok, Beograd.
- Milanković, Milutin: 1944, Kroz vasionu i vekove. Jedna astronomija za svakog, 2 izdanje, Jugoistok, Beograd.
- Milanković, Milutin: 1947, Osnovi Nebeske mehanike, štamparija Rožanovski, Zagreb, Prosveta, Beograd.
- Milanković, Milutin: 1948a, Istorija astronomske nauke od njenih početaka do 1727, Naučna knjiga, Beograd.
- Milanković, Milutin: 1948b, Astronomska teorija klimatskih promena i njena primena u geografiji, Beograd, Naučna knjiga.
- Milanković, Milutin: 1951, Zgodovina astronomije od njenih prvih začetkov do leta 1727, Prev. Črtomir Zupančič, Poljudno znanstvena knjižnica 27, Slovenski knjižni zavod, Ljubljana.
- Milanković, Milutin: 1952, Kroz vasionu i vekove, Tehnička knjiga, Beograd.
- Milanković, Milutin: 1953, Dvadeset i dva veka hemije, Svetlost (Biblioteka Svetlost, kolo I, 1), Kragujevac.
- Milanković, Milutin: 1954, Istorija astronomske nauke od njenih početaka do 1727 (2. izdanje), Naučna knjiga, Beograd.
- Milanković, Milutin: 1955a, Osnovi Nebeske mehanike, 2. izdanje, Naučna knjiga, Beograd.
- Milanković, Milutin: 1955b, Tehnika u toku davnih vekova, Nolit, Beograd.
- Milanković, Milutin: 1969, Canon of Insolation and the Ice - age Problem. Transl. from German. - (Belgrad, Königlich Serbische Akademie, 1941; Special Publications **132**). Jerusalem, Israel Program for Scientific Translations.
- Milanković, Milutin: 1979a, Istorija astronomske nauke od njenih početaka do 1727 (Reprint drugog izdanja iz 1954.), Naučna knjiga, Beograd.
- Milanković, Milutin: 1979b, Uspomene, doživljaji i saznanja, SANU, Beograd.
- Milanković, Milutin: 1979c, Kroz vasionu i vekove, Nolit, Beograd.
- Milanković, Milutin: 1980, Osnovi Nebeske mehanike, 3. izdanje, Naučna knjiga, Beograd.
- Milanković, Milutin: 1988, Osnovi Nebeske mehanike, 4 izdanje, Naučna knjiga, Beograd.
- Milanković, Milutin: 1997a, Kanon osunčavanja Zemlje i njegova primena na problem ledenih doba, urednici: V. Vujičić, M. S. Dimitrijević, Izabrana dela Milutina Milankovića 1-2, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd.
- Milanković, Milutin: 1997b, Nebeska mehanika / Istorija astronomske nauke, urednik: M. S. Dimitrijević, Izabrana dela Milutina Milankovića 3, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd.
- Milanković, Milutin: 1997c, Kroz vasionu i vekove / Kroz carstvo nauka, urednici: N. Pantić, A. Petrović, Izabrana dela Milutina Milankovića 4, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd.
- Milanković, Milutin: 1997d, Reforma Julijanskog kalendara, U: Spisi iz istorije nauke, urednici: N. Pantić, A. Petrović, Izabrana dela Milutina Milankovića 5, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 31.
- Miyamoto, S.: 1966, Martian atmosphere and crust, *Icarus*, **5**, 360.
- Musen, P.: 1947, Über die Vektorel-Skalaren Gleichungen der Astronomisches Storungs Theorie, *Zeitschrift für Naturforschung A*, **2**, 365.
- Musen, P.: 1948, Zur Reduktion des Dreikörperproblems, *Zeitschrift für Naturforschung A*, **3**, 360.
- Musen, P.: 1961, On long-period lunar and solar effects on motion of an artificial satellite 2., *Journal of Geophysical Research*, **66**, 2797.
- Musen, P.: 1966, Application of Krylov - Bogolubov method to solution of stellar 3 body problem, *Journal of Astronautical Sciences*, **13**, 177.

- Mužijević, Milica: 1979, Milanković kao istoričar i popularizator nauke, *Vasiona* XXVII, No 4, 126.
- Opik, E.J.: 1950, Secular changes of the stellar structure and the ice ages, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **110**, 49.
- Opik, E. J.: 1965, Climatic change in cosmic perspective, *Icarus*, **4**, 289.
- Opik, E. J.: 1966, More on climatic change, *Icarus*, **5**, 215.
- Popović, Božidar: 1979a, Milankovićevi radovi u nebeskoj mehanici, u *Život i delo Milutina Milankovića 1879 - 1979*, Galerija SANU 36, 133.
- Popović, Božidar: 1979b, Nebeska mehanika i njena primena u delima M. Milankovića, *Vasiona*, **XXVII**, 111.
- Popović, Luka Č., Dimitrijević, Milan S., Milovanović, Nenad: 1999, *Simpozijum "Milanković - juče, danas, sutra"*, Beograd, 25. i 26. novembar 1999., Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 43-51.
- Ševarić, Branislav: 1979, Milankovićeva astronomska otkrića, *Vasiona* **XXVII**, No 4, 101.
- B. Š (Branislav Ševarić), 1980a, Milutin Milanković, "Istorija astronomske nauke od njenih prvih početaka do 1727", Naučna knjiga, Beograd 1979, g., *Vasiona*, **XXVIII**, No. 4, 85.
- Toon, O.B., Bilski, K., Burns, J.A., Pollack, J.B., Ward, W.: 1980, The Astronomical Theory of Climatic-Change on Mars, *Icarus*, **44**, 552.
- Ulrich, R.K.: 1975, Solar neutrinos and variations in solar luminosity, *Science*, **190**, 619.
- Wen, L.S.: 1962, A unified treatment of variation of parameters and differential expressions methods in trajectory prediction and error analysis, *Journal of Aerospace Science*, **29**, 61.