

## ПАРАЛЕЛНИ ГЛОБУС У РУКАМА ЕРАТОСТЕНА, МИЛАНКОВИЋА, ЦЕФЕРСОНА, ЕДУКАТОРА И СТУДЕНАТА

МИРЈАНА ПОПОВИЋ БОЖИЋ<sup>1</sup>,  
ТАТЈАНА МАРКОВИЋ ТОПАЛОВИЋ<sup>2</sup> и БИЉАНА СТОЈИЧИЋ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Институт за физику, Универзитет у Београду, Београд, Србија*

<sup>2</sup>*Медицинска школа, Шабац, Србија*

<sup>3</sup>*Земунска гимназија, Београд, Србија*

E-mail: bozic@ipb.ac.rs, tatjana.markovictopalovic@gmail.com,  
biljanastojic963@gmail.com

**Резиме:** Дат је сажет преглед примене осунчаног и правилно оријентисаног модела Земље – Паралелног глобуса – кроз историју науке и образовања. На Паралелном глобусу се визуелизују многи битни појмови и појаве повезани са осунчањем Земље, њеном сопственом ротацијом и орбиталним кретањем око Сунца. Образовна вредност Паралелног глобуса (ДИНГ-а) у интегрисаној, амбијенталној и хибридној настави је велика и оправдана. Стога је покренута иницијатива да се у окружењу Народне Опсерваторије на Калемегдану постави Паралелни глобус, а да се у подножју Победника обележи локални меридијан.

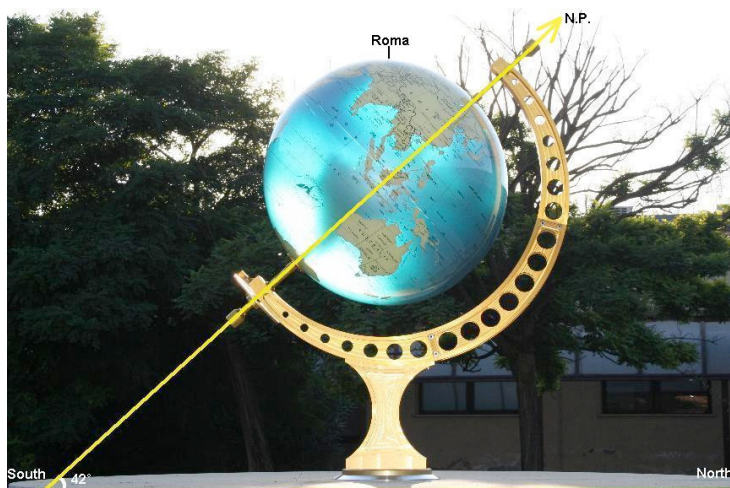
**Кључне речи:** Паралелни глобус, визуелизација, меридијан, осунчавање Земље, Ератостен, Миланковић

### 1. УВОД

Паралелни глобус (Rossi et al., 2015) је један од више назива за глобус на отвореном простору чија оријентација је идентична оријентацији Земље. То значи да је оса глобуса паралелна оси Земље, и да та оса са равни хоризонта на месту где се глобус налази заклапа угао који је једнак географској ширини тога места (слика 1). Дакле, место на Земљи где се глобус налази је представљено на врху глобуса, те је тангентна равна на врху глобуса паралелна равни хоризонта на месту глобуса. Назива се и The permanent

Oriented World Globe као и Educational Oriented World Globe,<sup>1</sup> Дан Ноћ И Година Глобус – ДИНГ (Day Night Year Globe) (Поповић Божић et al., 2011; Вожић et al., 2016), Паралелна Земља (Parallel Earth),<sup>2</sup> усмерен/ректифициован глобус (Rectified Globe) (McKinney, 1965), Глобални сунчани часовник (Strong, 1959), сферни сунчани часовник (Strong, 1959).

Паралелни глобус је **природно осветљен глобус** (McKinney, 1965). Због великог растојања Сунца и Земље директни зраци са Сунца који обасјавају Земљу су у веома доброј апроксимацији паралелни, па је осветљеност Паралелног глобуса умањена слика осветљености Земље у сваком тренутку (слика 2, лево) (McKinney, 1965). Стога су у било коме тренутку сви паралелни глобуси на Земљи, било где да се налазе, осветљени као и Земља уколико на тим местима нема облака (слика 2, десно) (Strong, 1959)

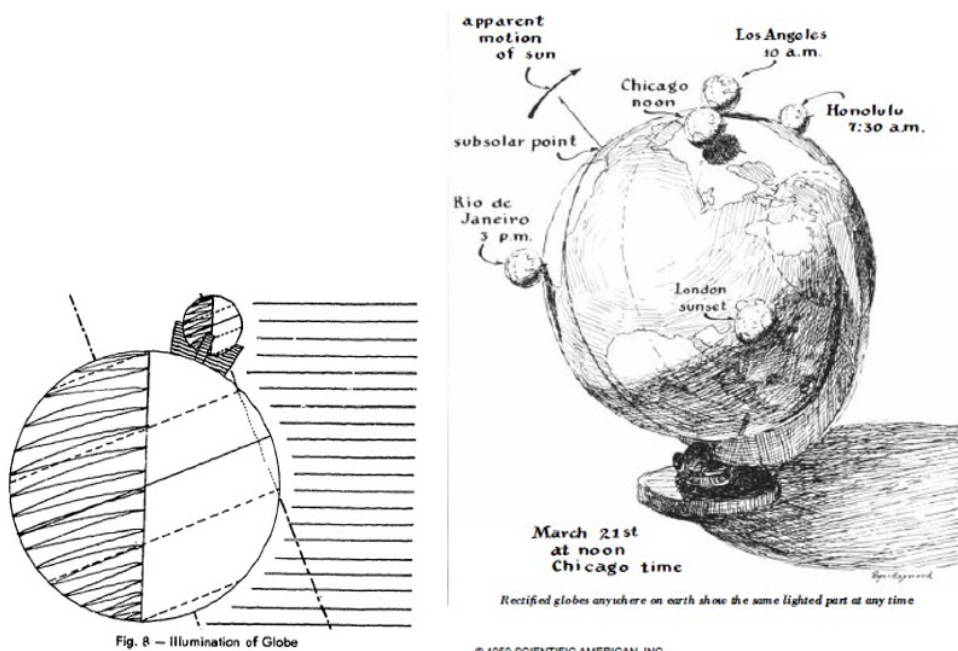


Слика 1: The permanent Oriented World Globe на Универзитету Roma Tre.

---

<sup>1</sup> Aldo Altamore and Enrico Bernieri, [https://www.researchgate.net/publication/268380476\\_The\\_permanent\\_Oriented\\_World\\_Globe\\_installation\\_at\\_Roma\\_Tre\\_University](https://www.researchgate.net/publication/268380476_The_permanent_Oriented_World_Globe_installation_at_Roma_Tre_University)

<sup>2</sup> Ros, R. M., Lanciano, N., Alemany, C., Esteban, E.: *Observing the Parallel Earth from different locations on our planet*, [http://sac.csic.es/astrosecundaria/en/cursos/formato/materiales/libro/parallel\\_en.pdf](http://sac.csic.es/astrosecundaria/en/cursos/formato/materiales/libro/parallel_en.pdf)



**Слика 2:** лево) Осветљеност Земље и Паралелног глобуса (Mc Kinney, 1965), десно) Паралелни глобуси било где на Земљи су осветљени као и она у сваком тренутку (Strong, 1959).

У Scientific American је 1959. објављен изузетно користан и разумљив чланак (Strong, 1959) о „сунчаном часовнику који показује како је било која тачка на Земљи обасјана Сунцем у било коме тренутку“. Реч је о паралелном глобусу, мада аутор Стронг не користи тај термин. На тај чланак смо наишли тек недавно, иако се овом темом бавимо већ две деценије.

Изненађујуће је да у литератури коју смо до сада користили нема позивања на тај чланак, из кога наводимо (у преводу) завршни пасус: „Овај мали сунчани часовник, који је тако једноставан уређај, јасно објашњава привидно кретање Сунца, које је у суштини узроковано Земљином дневном ротацијом око њене осе и њеним орбитним кретањем око Сунца. Сигурно је веома забавно унети велики део космоса у своју башту (ми би смо рекли у школско двориште, примедба преводиоца). Глобусни часовник пружа могућност да потпуније разумете значај Сунчеве светлости од које зависе сви људи. Ако овај часовник ојача ваше осећање сродности и привржености људима који живе далеко од вас, биће то знак да вам инструмент служи добро“. Видео који можете слободно преузети са Веб странице на којој се налази чланак од Роси, Ђордано и Ланчиано (Rossi et al., 2015) показује да Паралелни глобус заиста ојачава осећање сродности и привржености међу људима.

Захваљујући визуелизацији ефеката ротационог кретања Земље око сопствене осе и ефеката орбиталног кретања Земље око Сунца, примене Паралелног глобуса у образовању су многобројне (Rossi et al., 2015; Поповић Божић et al., 2011; Вожић et al., 2005, 2009, 2016; Вожић and Ducloy, 2008; McKinney, 1965; Strong, 1959)<sup>3</sup>. Паралелни глобус је веома користан при повезивању концепата везаних за Небеску сферу и хоризонтски координатни систем и појмова везаних за еклиптички координатни систем са центром на Сунцу. У овоме раду ће бити приказане само неке од тих примена.

## 2. ДИНГ И МЕРИДИЈАН У ШАПЦУ, ЗЕМУНУ И ПОТЕНЦИЈАЛНО НА КАЛЕМЕГДАНУ

### *Паралелни глобус у Србији*

Идеју о Паралелном глобусу, као апаратури коју би требало користити у образовању, уместо глобуса који се стандардно користи, је у Србију донео из Израела директор Истраживачке станице Петница Вигор Мајић. У разговору о имплементацији програма “Подстицајна околина за учење природних наука“, академику Звонку Марић и коауторки овога рада (МПБ), Мајић је у Институту за физику у Земуну, 2003. године, показао фотографију паралелног глобуса снимљену у Clore Garden of Science у Вајцмановом институту, током посете делегације Србије Израелу. Циљ поменутог програма је да се школски простор испуни погодним апаратурама/инсталацијама за демонстрацију природних појава (Вожић et al., 2005, 2009; Вожић and Ducloy, 2008)<sup>4</sup>.

У септембру 2009. за тај програм, а посебно за Паралелни глобус, се заинтересовала, у разговору са Марком Поповић, кустоскиња Народног музеја у Шапцу Светланка Милутиновић. Разговор су водили док су спремали поставку изложбе „Алберт и Милева Ајнштајн у простору и времену“, коју је Друштво физичара Србије припремило 2005. поводом Светске године физике. Изложба је најпре постављена у Берну у Швајцарској, а потом у више градова у Србији (Поповић Божић, 2005). Поставка у Шапцу је била од посебног значаја, јер је Милева Марић била у свом V и VI разреду ученица Српске краљевске гимназије у Шапцу, која се налазила баш у згради у којој је данас Народни музеј.

После отварања изложбе је уследила инспиративна сарадња значајног броја личности и институција, која је довела до изградње бетонског глобуса у радионици архитекте Драгољуба Паје Милутиновић (слика 3). У марту 2011. Дан Ноћ И Година Глобус (ДИНГ) је постављен (Тораловић and Вожић, 2011) у Великом парку у Шапцу.\* У говору на свечаном отварању Мирјана ПБ је описала доприносе свих чланова тима, и цитирала Татјану МТ која је

---

<sup>3</sup> Види фусноте 1, 2 и следећу фусноту

<sup>4</sup> Види и: Podsticajna okolina za aktivno učenje prirodnih nauka - РОКО, [www.poko.ipb.ac.rs](http://www.poko.ipb.ac.rs)

сарадњу у тиму окарактерисала речима „Све су нас ујединили Алберт и Милева Ајнштајн“.



**Слика 3:** Чланови тима који је реализовао изградњу ДИНГ-а у Шапцу су се у септембру 2010. окупили око жичане конструкције у радионици архитекте Драгољуба Паје Милутиновић (први слева) у Шапцу. Следе: нн сарадник, Проф. Мирјана Поповић Божић, Институт за физику, Београд; Инж. Зорица Грујић Киш, Геозавод, Београд; Др. Марко Поповић, Институт за физику, Београд; нн сарадник, Председник Друштва физичара Србије Илија Савић; директор Народног музеја Шабац Бранислав Станковић; Мр. Татјана Марковић Топаловић, Медицинска школа, Шабац. На ову жичану конструкцију је нането 7 слојева фероцемента. Потом су на површини бетонске кугле исцртане контуре континената на основу картографске подлоге припремљене у Геозаводу, после чега је уследило бојење глобуса.

У јесен 2011, на равнодневицу, ДИНГ је премештен у двориште новоизграђеног Центра за стручно усавршавање. Тако је почела изградња Парка науке у Шапцу, који се и даље развија и добија нове инсталације.<sup>5</sup> Популарност овог парка је инспирисала изградњу паркова науке у другим

---

<sup>5</sup> Centar za stručno usavršavanje Šabac. O Parku nauke, <http://csusabac.rs/o-parku/park-nauke/>

Центрима за стручно усавршавање у Србији. Паралелни глобус је исте јесени изграђен и у Парку науке на Ади Циганлији у Београду, а касније и у Крагујевцу и Чачку.

Није неопходно да се Паралелни глобус прави од бетона. Може се направити од пластике, као што је глобус у Clore Garden of Science у Израелу. Није неопходно ни да буде стално причвршћен за подлогу, мада то има своје предности.

Стандардни школски глобус се лако претвара у Паралелни глобус тако што се скине са свога постоља и постави на постоље које омогућује правилну оријентацију. То значи да нагиб осе треба да буде једнак географској ширини места и да се оса глобуса пројектује на локални меридијан. Погодно је да глобус који се користи не буде мали, тј. да му је полупречник већи од 30 cm. Али, у недостатку већег, може се користити и глобус мањег полупречника.

### *Локални меридијан*

Да би Паралелни глобус био правилно постављен треба претходно обележити локални меридијан. Најбоље је да локални меридијан буде обележен помоћу неког трајног материјала, мада је употребљив и привремено обележен меридијан. Локални меридијан је у правцу сенке гномона у Сунчево подне. Сунчево подне се може одредити на класичан начин, праћењем кретања сенке пре и после поднева. У новије време се на многим Веб сајтовима,<sup>6</sup> може прочитати време сунчевог поднева за произвољно место, задавањем лонгитуде и латитуде.

У Парку науке у Шапцу је трајно обележен локални меридијан. Изнад меридијана је постављена копија модела меридијана који се налази изнад Примарног меридијана у Гриничу.<sup>7</sup>

При извођењу експеримената са Паралелним глобусом (који ће бити приказани у одељку 5) на тераси Земунске гимназије је обележен локални меридијан. Током 2020. и 2021. Земунска гимназија се реновира. Планира се да се формира Астрономски кутак (Божић и Стојичић, 2021) који ће имати трајно означен унутрашњи меридијан на поду и „око“ на зиду. Тако ће моћи да се види како Сунчев диск у подне прелази преко унутрашњег меридијана. Инспирација долази из Базилике Сан Петронио у Болоњи (Heilbron, 1999). Предложено је да се на крову на јужном крилу зграде постави око, те да линија меридијана буде обележена у поткровљу.

У многим градовима у свету постоје обележени спољашњи и/или унутрашњи меридијан, који су веома значајни објекти у тим градовима. Маријанин стуб и меридијан на Старом градском тргу у Прагу су од 1650. до 1918. коришћени да се грађани обавесте када је подне. Маријанин стуб је

---

<sup>6</sup> На пример на <https://www.suncalc.org/>

<sup>7</sup> What is the Prime Meridian and why is it in Greenwich?  
<https://www.rmg.co.uk/stories/topics/what-prime-meridian-why-it-greenwich>

срушен за време револуције 1918. 1990. је постављена плоча са натписом “Meridian, according to which time in Prague was determined/meridianus quo olim tempus pragense dirigebatur.

У историји астрономије и календара је од посебног значаја унутрашњи меридијан у Базилици Сан Петронио у Болоњи. Прву верзију тога меридијана изградио је Данти 1576. Дужи меридијан у истој базилици изградио је Касини 1655. Касинијев јавни циљ је био да провери дужину тропске године, што је могуће тачније. Тајни Касинијев циљ је био да директно провери ваљаност Другог Кеплеровог закона. Пратећи промену величине Сунчевог диска при проласку у подне преко меридијана у Сан Петронију, Касини је одредио промене растојања између Сунца и Земље током године. Тако је директно потврдио да се Земља око Сунца креће по елиптичној орбити.

Касини се, на позив Луја XIV, преселио 1669. у Француску да ради на формирању Париске опсерваторије, која је отворена 1671. Париски меридијан пролази кроз Париску опсерваторију. Просторија у којој је означен тај меридијан се назива Касинијева соба. На предлог својих астронома, Французи су 1790. године увели стандард метра, као један десетомилионити део растојања од екватора до Северног пола дуж Париског меридијана.

### ***Покретање иницијативе за обележавање меридијана у подножју Победника на Калемегдану***

Драго нам је да на овој конференцији изнесемо две иницијативе: 1) Предлажемо да се на платоу око Победника на Калемегдану обележи локални меридијан, 2) Предлажемо да се размотри могућност да се у окружењу Народне опсерваторије изгради бетонски или пластични Паралелни глобус/ДИНГ.

Ове предлоге упућујемо на разматрање Душтву „Руђер Бошковић“ и управи Народне опсерваторије. Уверени смо да ће ДРБ и управа НО подржати ову иницијативу и упутити званичан допис Градској управи Београда и другим надлежним установама.

Као почетак реализације предлога за обележавање меридијана, снимили смо Победника на Калемегдану и његову сенку у подне (слика 4).



**Слика 4:** Сенка Победника (снимљена 25. априла 2021. тачно у сунчево подне) показује правац у коме би се обележио локални меридијан уколико би иницијатива била прихваћена.

### 3. ПРЕСЛИКАВАЊЕ РОТАЦИОНОГ И ОРБИТАЛНОГ КРЕТАЊА ЗЕМЉЕ НА ПАРАЛЕЛНИ ГЛОБУС

Најважнија особина ДИНГ-а је, да је његово осветљавање Сунчевим зрацима, аналогно осветљавању целе Земље Сунчевим зрацима. Можемо рећи да постоји пресликавање између осунчавања Земље и осунчавања ДИНГ-а. Захваљујући томе, посматрањем промена осветљености ДИНГ-а током дана (Rossi et al., 2015; Воџић et al., 2009) и током године, могуће је пратити ефекте дневне ротације Земље и годишње револуције око Сунца.

Угао између Земљине осе ротације и нормале на еклиптику у садашњости износи приближно  $23,5^{\circ}$ . Током орбитирања Земље око Сунца, правац Земљине осе је у току једне године (као и у току неколико десетина година) константан. Али угао између правца Земљине осе и Сунчевих зрака се мења током кретања. Погодно је ову промену описати помоћу угла  $\eta$  између правца Сунчевих зрака и пројекције  $\vec{n}'$  Земљине осе на раван еклиптике. Угао  $\eta$  расте од 0 до  $2\pi$  током једног обиласка Земље. Вредности  $\eta = 0$  и  $\eta = \pi$  одговарају зимском и летњем северном солстицију, респективно. Вредности  $\eta = \pi/2$  и  $\eta = 3\pi/2$  су пролећни и јесењи северни еквинокцији, респективно.



Сунчеви зраци додирују Земљину површину дуж круга осветљености - терминатора (слика 5). Терминатор лежи у равни, која је нормална на еклиптику и нормална на Сунчеве зраке. Угао између равни терминатора и Земљине осе је једнак деклинацији Сунца, тј. углу између Сунчевих зрака (линија која повезује центре Земље и Сунца) и Земљине екваторијалне равни. На дан равнодневице, овај угао је нула, Земљина оса лежи у равни круга осветљености. У време летњег солстиција и зимског солстиција, овај угао је једнак  $23,5^{\circ}$  и  $- 23,5^{\circ}$ , респективно. Током других дана, овај угао лежи у интервалу  $[- 23,5^{\circ}, + 23,5^{\circ}]$ .



**Слика 5:** ДИНГ у Парку у науке у Шапцу 2012. године: лево) на дан јесење равнодневице, десно) на дан летњег солстиција.

Деклинација Сунца и субсоларна тачка су два тесно повезана појма чија повезаност се једноставно може објаснити/разумети користећи ДИНГ. Директни Сунчеви зраци који падају на Земљу у сваком тренутку су паралелни правој која спаја тренутни положај центра Земље и центар Сунца. Због тога у сваком тренутку постоји тачка на Земљиној површини на коју Сунчев зрак пада нормално - субсоларна тачка (subsolar point).

Деклинација Сунца у сваком тренутку је једнака географској ширини субсоларне тачке. Географска ширина и дужина суболарне тачка се може на неколико начина одредити применом ДИНГ-а. Један од начина користи цевчицу која се помера по површини глобуса све док се нађе положај у коме

Сунчеви зраци „силазе“ низ цевчицу и формирају светао диск на њеном дну (Strong, 1959).

Светлостни зрак дуж праве која спаја центар Земље и центар Сунца лежи у равни меридијана кроз субсоларну тачку. За посматрача који се налази у субсоларној тачки Сунце је у Зениту. Положај субсоларне тачке на Земљиној површини се континуирано мења у времену због Земљиног кретања по орбити и због Земљине сопствене ротације. Субсоларна тачка се налази у врху полусферног дела глобуса оивиченог терминатором, то је померање терминатора тесно повезано са померањем субсоларне тачке.

#### 4. ЕРАТОСТЕНОВО УЧЕЊЕ У АЛЕКСАНДРИЈИ

Примена сферне геометрије и закона праволинијског простирања светлости су у основи Ератостенова два најзначајнија доприноса људском знању: а) Земља је сферног облика, б) обим Земље је 250 000 стадија.

Паралелни глобус омогућује да се Ератостенова аргументација визуелизује у тродимензионалном простору. Паралелни глобус такође омогућује, као што ћемо видети у наредном одељку, генерализацију Ератостенових метода, постављањем стубића дуж екватора, упоредника и меридијана.

##### *а) Земља је сферног облика*

Ератостен је сазнао да у Сијени (данас Асуан у Египту) постоји бунар у коме се у подне на дан солстиција Сунце огледа на дну бунара, што би значило да нема сенки вертикалних стубова. Сачекао је солстициј наредне године и посматрао сенке стубова у Александрији у подне. Константовао је да сенке у Александрији постоје. Аргументишући да су Сунчеви зраци који осветљавају бунар у Асуану и стубове у Александрији паралелни, Ератостен је убедљиво закључио да је Земља сферног облика. Илустрација која прати ово резоновање је јасна и убедљива и широко је распрострањена у часописима (на пример Sotiriou and Vogner, 2015) и уџбеницима из географије, астрономије и историје.

##### *б) Одређивање обима Земље*

Поменута илустрација се у савременим уџбеницима користи и када се објашњава Ератостенов метод одређивања обима Земље. Користи се и у сада веома популарним пројектима у образовању, у којима студенти примењују Ератостенов метод да кроз сарадњу сами измере обим Земље (Sotiriou and Vogner, 2015; Bekker et al., 2011; Nishimoto, 1996).<sup>8</sup> Први такав пројекат су реализовала четири ученика/ученице из Панаху школе на Хавајима (Nishimoto, 1996).

Декамп и Хосон су 2012. указали да та распрострањена илустрација не описује верно ни релацију из које је Ератостен одредио обим Земље, ни

---

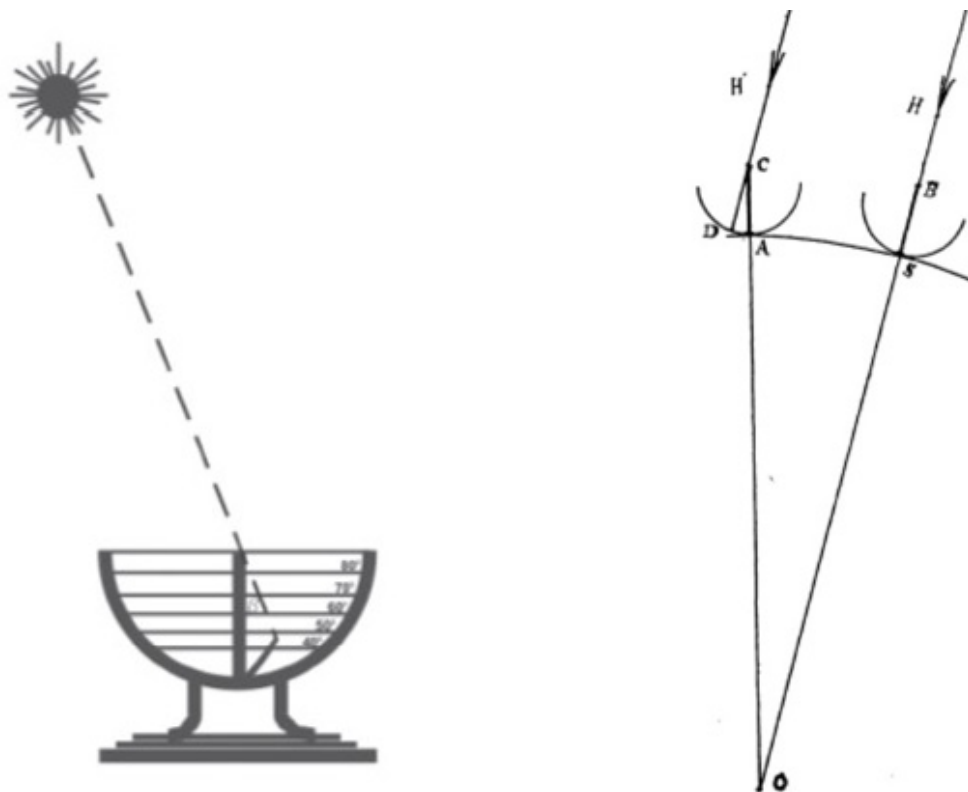
<sup>8</sup> Види и Sur les pas d'Eratosthene, <http://fondation-lamap.org/eratos>

метод помоћу кога је измерио угао који сунчеви зраци граде са стубом, тј. зенитско растојање Сунца. Према стандардном цртежу мери се висина стуба и величина сенке на **хоризонталној** подлози. Користећи тригонометрију одређује се зенитско растојање. Али, у доба Ератостена, тригонометрија још увек није била развијена. Ератостен је одредио зенитско растојање Сунца помоћу скафиона (слика 6 лево), а не мерењем величине сенке на хоризонталној подлози. Декамп и Хосон сматрају да је то веома важно истаћи, јер коришћење скафиона представља почетак коришћења угломера у географији, астрономији, математици, физици.

Метод који је Ератостен користио је верно и сажето описао Клеомедес у првом веку пре н.е. Вир (Weir) је 1931 превео Клеомедесов текст и допунио га илустрацијом приказаном на слици 6 десно. Тако постаје сасвима јасна следећа релација коју је Ератостен извео и применио: На дан солстиција у подне однос лука сенке у скафиону и двоструког обима скафиона је једнак односу растојања између Александрије и Сијене и обима Земље.

Да је Ератостен користио скафион у мерењу зенитског растојања написао је и М. Миланковић (1979) у својој *Историји астрономске науке*: „Ератостену је било познато одстојање Сијене од Александрије, измериле су га краљевске путовође и нашли да има дужину 5000 стадија. За мерење зенитског растојања стајала су му потребна средства на расположењу. У звездарници Музејона употребљавао се при мерењу зенитског растојања инструмент, назван скафион. Конструисао га је још Аристархос, а изгледао је као издубљена чинија, чија шупљина је образовала тачну полукуглу. Са дна те чиније па до центра полукугле издизао се вертикално увис мали штапић; на унутрашњој површини чиније били су урезани хоризонтални упоредни кругови, а бројевима је било назначено њихово лучно одстојање од подножја штапића. Тај број упоредника кугле до којег је стизала сенка штапића давао је, дакле зенитско одстојање Сунца. Ератостен је имао, дакле, само да прочита то одстојање у подне најдужега дана у Александрији. Нашао је да оно мери  $7.2^{\circ}$  или педесети део пуног угла.“

Заменом измерене вредности зенитског угла у горе поменутој једнакости два односа, следовао је опсег Земље од  $50 \times 5000 = 250.000$  стадија. Сматра се да је стадиј једнак  $1/6$  km (Bennett et al., 2004), што значи да је у SI јединици Ератостенов обим 41 666 km, дакле приближно једнак савременој вредности од 40 000 km.



Слика 6: лево) Скафион; десно) Вирова илустрација у његовом преводу Клеомедесовог описа Ератостеновог метода (Weir, 1931).

## 5. ВИЗУЕЛИЗАЦИЈА ПРОЛАСКА СУНЦА КРОЗ ЛОКАЛНУ РАВАН МЕРИДИЈАНА

На тераси Земунске гимназије, 28. априла 2018. око Сунчевог поднева су извршена посматрања са Паралелним глобусом на којем су постављени штапићи чије сенке омогућавају визуелизацију проласка Сунца кроз локалну раван меридијана. У локално подне, сенке штапића постављених дуж меридијана падају на линију меридијана. Дужина сенке штапића на географској ширини од  $14^{\circ}$  је једнака нули, у сагласности са вредношћу деклинације Сунца тога дана, која се може прочитати на Веб сајту<sup>9</sup>.

<sup>9</sup> Види фусноту 6



**Слика 7:** Паралелни глобус на тераси Земунске гимназије снимљен, са југа (горе), запада (доле лево) и истока (доле десно), 28. априла 2018. у локално подне, које је је било у 12:20h.

Јасно се види да је сенка штапића, који се у Сунчево подне налази у пресеку локалног меридијана и екватора, најкраћа у поређењу са дужинама сенки осталих штапића дуж Екватора. Сенке штапића који се налазе на западу и истоку од тог штапића су симетрично усмерене ка западу и истоку, респективно. Штапићи који су на подједнаком угаоном растојању од тога штапића имају подједнаке сенке. Важно је уочити да сенке штапића који леже дуж екватора падају на Јужну хемисферу, пошто је у априлу Сунце изнад Екватора.

Фотографија паралелног глобуса на слици 8 настала је 28. априла 2018. у 13:25h, 65 минута после проласка Сунце кроз раван меридијана, сенке стубића постављених дуж меридијана су усмерене ка истоку, зато што се Сунце померило ка западу.



**Слика 8:** Паралелни глобус на тераси Земунске гимназије снимљен 28 априла 2018 у 13:25h, тј. 65 минута после проласка Сунца кроз раван меридијана.

Са овим фотографијама је тим Земунске гимназије учествовао у Parallel Earth пројекту, који је у склопу Међународног дана светлости организовала NASE : Network for Astronomy School Education.<sup>10</sup>

### ***Сферни сунчани часовник***

Паралелни глобус са штапићима дуж екватора служи и као сферни сунчани часовник.<sup>11</sup> На сваких 15° географске дужине, налази се штапић, а такође и штапић у пресеку локалног меридијана и екватора. Тренутно сунчано време на сферном сунчаном часовнику се одређује уочавањем штапића са најкраћом сенком и читавањем његовог лонгитудиналног (угаоног) растојања од меридијана посматрача.

Деферсонов сунчани часовник (слика 9) је сферни часовник у коме уместо штапића дуж екватора постоји покретни лук причвршћен за северни и јужни пол. Тренутно сунчево време се одређује окретањем лука (од танког гвозденог лима). Лук се ротира око осе, све док његова сенка на сфери не постане најкраћа. На тај начин је одређен меридијан (географска дужина - лонгитуда) где је соларно подне у том тренутку.

---

<sup>10</sup>Stojičić B, Visualization of the passage of Sun through the local meridian plane using Parallel Globe with sticks along the local meridian and equator, [https://issuu.com/nase.networkastronomyschooledu/docs/serbia\\_533](https://issuu.com/nase.networkastronomyschooledu/docs/serbia_533)

<sup>11</sup> <https://www.happylittlecaravan.com/en/observatory-max-valier-cornedo-bz>



**Слика 9:** Реплика Џеферсоновог сферног сунчаног часовника у Монтичелу, на постаменту који је дизајнирао Латроб.

Џеферсонов сферни сунчани часовник је направљен у Монтичелу, у САД, од стране Џеферсона, негде између августа 1809. и септембра 1816. 1809. године архитекта Бенџамин Хенри Латроб послао је Џеферсону (тада већ пензионисаном председнику) модел капитела који је дизајнирао за стубове у предворју одаја Сената у Вашингтону и хоризонтални сунчани часовник од Пенсилванијског мермера, да се постави на капител.

Џеферсон је око 1816. послао Латробу скицу свог лично дизајнираног сунчаног часовника постављеног на Латробов капител. Објаснио је да је до овог открића дошао, захваљујући својим напорима да нађе једноставан метод за одређивање географске дужине Монтичела. Касније, часовник је изгубљен, а године 2001, је Томас Џеферсон фондација поставила реплику.<sup>12</sup>

## **6. ПРИМЕНА ДИНГ-а У НАСТАВИ О ОСУНЧАВАЊУ ЗЕМЉЕ, ТЕОРИЈИ ОСУНЧАВАЊА МИЛУТИНА МИЛАНКОВИЋА И УПОТРЕБИ СОЛАРНЕ ЕНЕРГИЈЕ**

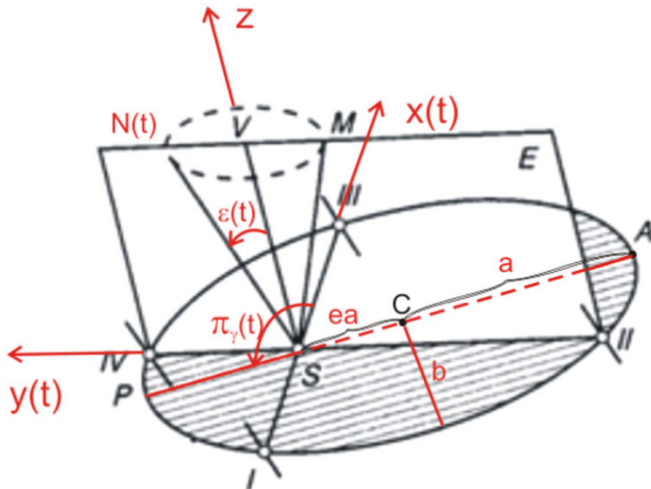
У модерно време, студије о осунчавању Земље су веома важне у истраживању климатских промена на Земљи као и у истраживањима ефикасности употребе соларних хелија. Паралелни глобус има примену и у

---

<sup>12</sup> Thomas Jefferson Foundation, Inc. 2002 Replica of spherical sundial installed, *Monticello Newsletter* 13 (2002) 1–2 (<https://monticello.org/sites/default/files/inline-pdfs/2002ssndl.pdf>)

тим областима. Током сунчаног дана, могуће је додиривањем осветљене површине осетити да су осветљена места (делови Глобуса) топлија, него страна која је у сенци (Воџић et al., 2016). Много суптилније промене температуре постоје чак и на површини оне половине глобуса која је осунчана. Ово се уочава додиривањем на екватору и већим географским ширинама дуж истог меридијана. Коришћењем термометра, могу се бројно измерити ове температурне разлике узроковане разликама у углу под којим Сунце пада на површину.

Како би разумели како градити енергетски ефикасне куће и како оптимизовати положаје соларних ћелија, прво се мора предвидети положај Сунца у односу на колектор. Поред тога, релативно кретање Сунца у односу на Земљу допуштаће површинама са различитим оријентацијама да приме (пресретну) различите количине соларне енергије. Тако је дошло до обнављања интересовања за знање из основа астрономије: положај Сунца на небу, сунчани часовник, кретање Земље дуж орбите, деклинација Сунца итд. Аутори књига и чланака у овом пољу које се развија, наглашавају потребу да визуелизују (користећи рачунарски софтвер) све координатне системе који се користе и геометријске величине, и да користе геометрију, векторску алгебру и матрице ради трансформисања координата из једног координатног система у други (Sproul, 2007). Ово показује да се визуелизација Земља - Сунце релације сматра неопходном у развоју и употреби соларних енергетских система. Због тога, ДИНГ као визуелно средство у подстицајној околини, може бити веома корисно у настави и учењу о коришћењу снаге Сунца.



**Слика 10:** Цртеж из Миланковићеве теорије осунчања Земље (нацртан црним линијама) је допуњен црвеним ознакама битних величина које описују Земљино кретање по орбити око Сунца, са назнаком промена тих величина у времену.



О промени климе на Земљи, постоји стална дискусија између оних који заговарају да је ова промена узрокована деловањем човека и оних који заговарају да су узроци промена природни. Миланковићева (1920) *Математичка теорија термичких феномена изазваних Сунчевим зрачењем* је полазна тачка у свим тим истраживањима (Maon and Hughes, 2001; Wolters et al., 1965). Веома је значајно да је Миланковић у својој Астрономској теорији користио еклиптички координатни систем са центром на Сунцу и Земљу представио помоћу осе која врши паралелни транспорт дуж елиптичне орбите (слика 10).

## 7. ЗАКЉУЧЦИ

ДИНГ као наставно средство пружа могућности да се следе актуелни облици наставе и учења. Образовна вредност ДИНГ-а у интегрисаној, амбијенталној и хибридној настави је велика и детаљно описана и образложена у едукативним часописима.

Развој примене ДИНГ-а у настави показује да пут од научних и едукативних часописа до реалних наставних програма и наставе може да буде дуг, кривудава и непредвидив. Не знамо колики је утицај Стронгов чланак у *Scientific American* имао на ширење идеје о потреби примене Паралелног глобуса у образовању и парковима науке. Чланци аутора из Србије су почев од 2005. године имали утицај у Србији и свету, али недовољан. Све школе и даље имају глобус на фиксном постољу, који се држи у затвореном простору. Произвођачи глобуса, не производе глобусе на постољу које омогућује да се лако подеси нагиб глобуса у односу на раван хоризонта.

Важно је праћење едукативних часописа. Није добро што едукаторима у Србији нису доступни најважнији међународни часописи у области наставе физике и астрономије, као што су *Physics Education*, *The Physics Teacher*, *American Journal of Physics*, *European Journal of Physics*.

ДИНГ је користан за визуелизацију и усвајање појмова и величина које су уведене посматрањем кретања Сунца и звезда на небеској сфери. Још је значајнији у савладавању појмова повезаних са еклиптичним координатним системом чији центар је на Сунцу. То су најпре Кеплерови закони, а потом осунчање Земље. На ДИНГ-у се визуелизују опсервације из васионе, на пример из сателита, или теоријски са Сунца.

Милутин Миланковић је Теорију осунчања Земље написао користећи еклиптички координатни систем са центром на Сунцу, извео једначине осунчања Земље и засновао Теорију климатских промена на Земљи. Такав приступ је данас веома присутан у истраживањима везаним за коришћење Сунчеве енергије. Постали су веома значајни радови у којима се помоћу веткорског рачуна изводе важне релације изведене у астрономији користећи сферну геометрију.

Паралелни глобус и локални меридијан су тесно повезане инсталације. У многим градовима постоји на неком важном јавном месту обележен локални меридијан. Сматрамо да је плато на коме се налази споменик Победнику идеално место на коме би требало обележити меридијан. Окружење Народне опсерваторије на Калемегдану је идеално место за постављање Паралелног глобуса, било од мермера, бетона или пластике. Надамо се да ће организатори и учесници ове конференције ширити ова два предлога међу астрономима, физичарима и у јавности, и довести у будућности до њихове реализације.

### Захвалност

Захваљујемо се проф. Милану Димитријевић на позиву да учествујемо у овој веома садржајној и инспиративној конференцији. Проф. Олги Атанацковић се захваљујемо за дискусију после конференције путем мејла, посебно што нам је указала на Миланковићев опис скафиона, и Ератостеновог мерења зенитног растојања Сунца помоћу скафиона. Захвални смо и председавајућем, проф. Жарку Мијајловићу, што је у дискусији напоменуо да у Новом Пазару постоји Фукоово клатно. Тако смо добили прилику да се сетимо проф. Вукоте Бабовић, који је претходно изградио Фукоово клатно на Природно математичком факултету Универзитета у Крагујевцу, где је био професор физике од 1978 до 2011, а од 2011. до 2014. је предавао физику у Новом Пазару. У међународним едукационим часописима је објавио значајан број радова из физике и астрономије.

---

\*Постављање ДИНГ-а у Шапцу је за Марка Поповић и Мирјану Поповић Божић имало посебан значај. Десило се на ПЕДЕСЕТУ годишњицу од оснивања Института за физику 1961, чији први запослени физичар је био Марко Поповић. У Институту је радила и МПБ од 1970. до 2014. Поред тога, МПБ је 1961, године, као ученица Основне школе Ната Јеличић у Шапцу, на конкурс листе *Пионир*, чија тема је била „Моје место јуче, данас и сутра“, добила прву награду - аутомобил марке Мопи. На конкурс, који је био расписан поводом 20 година од почетка Народноослободилачке борбе, је учествовало 27000 ученика из целе Југославије.

### Литература

- Bekeris, V. et al.: 2011, Eratosthenes 2009/2010: An Old Experiment in Modern Times, *Astronomy Education Review* **10**, 010201-1 - 010201-9.
- Bennett, J., Donahue, M., Schneider, N., Voit, M.: 2004, *The Cosmic Perspective*, San Francisco CA, Pearson, Addison Wesley.
- Božić, M., Ducloy, M.:2008, Eratosthenes' teachings with a globe in a school yard, *Physics Education*, **43**, 165.

- Božić, M., Popović, M., Savić, I.: 2009, Out Classroom Installations for Learning Physics, *AIP Conference Proceedings* **1203**, 1250-5.
- Божић, М., Стојичић, Б.: 2021, Унутрашњи меридијан – корисно учило за пројектну и интегративну наставу, *Републички семинар о настави физике*, Друштво физичара Србије, Београд, 63-72.
- Božić, M., Vušković, L., Pantelić, D., Nikolić, S., Majić, V.: 2005, School architecture and physics education, *The Physics Teacher* **43**, 604.
- Božić, M., Vušković, L., Popović, S., Popović, J., Marković-Topalović, T.: 2016, Visualization on the Day Night Year Globe, *Eur. J. Phys.* **37**, 065801.
- Decamp, N., Hosson, C. de: 2012, Implementing Eratosthenes' Discovery in the Classroom: Educational Difficulties Needing Attention, *Science & Education* **21**, 911-920.
- Heilbron, J. L.: 1999, *The Sun in the Church: Cathedrals as Solar Observatories*, Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Maon, N., Hughes, P.: 2001, *INTRODUCTION TO ENVIRONMENTAL PHYSICS Planet Earth, life and climate*, Taylor & Francis, London and New York.
- McKinney, W.: 1965, *Geography via Use of the Globe: Do It This Way*, National Council for Geographic Education, Norman, Illinois.
- Milanković, M.: 1920, *Theorie Mathematiques des Phenomenes Thermique Produits par la Radiation Solaire*, Paris, Gauthier-Villards et Cie, prevod na srpski *Matematička teorija toplotnih pojava nastalih sunčevim zračenjem*, Zavod za udžbenike, Beograd.
- Milanković, M.: 1979, *Istorija astronomske nauke - od njenih prvih početaka do 1727*, Naučna knjiga, Beograd, 32-33.
- Nishimoto, K.: 1996, Tall shadows, *Tales from the Electronic Frontier*, WestEd, San Francisco, CA, 22–29  
(<http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED400776.pdf>).
- Поповић-Божић, М.: 2005, *Каталог изложбе „Светска година физике 2005“*, Друштво физичара Србије и Црне Горе, Галерија науке и технике Српске академије наука и уметности, Швајцарска агенција за развој и сарадњу, Београд.
- Поповић-Божић, М. Ј., Слишко, Ј., Марковић-Топаловић, Т.: 2011, Подстицајна околина за активно учење природних наука, *Зборник Републичког семинара о настави физике*, Врање, Друштво физичара Србије, Београд.
- Rossi, S., Giordano, E., Lanciano, N.: 2015, The parallel globe: a powerful instrument to perform investigations of Earth's illumination, *Phys. Educ.* **50**, 32.
- Sotiriou, S., Bogner, F. X.: 2015, A 2200-year old inquiry-based, hands-on experiment in today's science classrooms, *World J. Educ.* **5**, 52–62.
- Sproul, A. B.: 2007, Derivation of the solar geometric relationships using vector analysis, *Renewable Energy* **32**, 1187-1205.
- Strong, C. L.: 1959, A sundial that shows how any spot on Earth is lit by the Sun at any time, *Scientific American*, **201(2)**, 137.
- Topalović, T. M., Božić, M.: 2011, Serbia hosts teachers' seminar, *Phys. Educ.* **46**, 365–7.
- Weir, J.: 1931, The method of Eratosthenes, *The Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, **25**, 294–297
- Wolters, H. J., Shaffer, J. A., Cerveny, R. S., Barnhill, R. E.: 1965, Visualization of Milankovitch Climate – Change Theory, *Journal of Geoscience Education* **44(1)**, 7-12.

**PARALLEL GLOBE IN THE HANDS OF ERATOSTHENES,  
MILANKOVIĆ, JEFFERSON, EDUCATORS AND STUDENTS**

A brief overview of the application of the insolated and correctly oriented model of the Earth - the Parallel Globe - through the history of science and education is given. The Parallel Globe visualizes many important concepts and phenomena related to insolation of the Earth, its rotation and orbital motion around the Sun. The educational value of the Parallel Globe in integrated, ambiental and hybrid teaching is great and justified. Therefore, an initiative was launched to place a Parallel Globe in the vicinity of the People's Observatory on Kalemegdan, and to mark the local meridian below "Pobednik" monument.

**Key words:** Parallel globe, visualization, meridian, insolation of the Earth, Eratosthenes, Milanković