

Sončni koledar



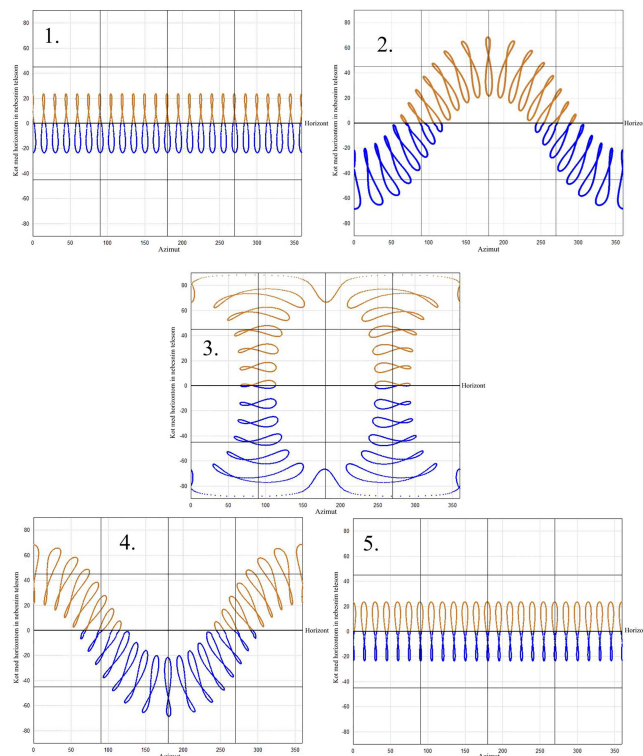
ANŽE JAKLIČ

→ Imamo več različnih merilnih priprav za merjenje časa, najbolj uporabljena med njimi pa sta ura in koledar. Pri določanju časa so si predvsem včasih, v nekaterih primerih pa še danes, pomagali s Soncem. Sončne ure zelo pogosto najdemo na cerkvenih zvonikih in tudi na stenah drugih zgradb. Dokaj enostavno in natančno lahko sončno uro naredimo tudi sami. Poznamo sončne ure z različnimi nagibi številčnice in postavitvami gnomona, palice, ki meče senco na številčnico. Sončni koledar pa ni tako pogost, čeprav je zelo zanimiv in poučen objekt, njegova izdelava pa odličen šolski projekt.

Sončeva analema in sončni koledar

Sončni koledar deluje podobno kot sončna ura, le da senca gnomona kaže na datum, pri čemer je »številčnica« v obliki osmice, ki je preslikava Sončeve analeme.

Analema je sklenjena krivulja v obliki osmice, ki bi jo videli na nebu, če bi vsak sončen dan ob isti uri posneli položaj Sonca. Ob 12.00 po zimskem času je analema v naših krajih pokončna, dopoldne je na nagnjena proti levi, popoldne pa proti desni. Kot je prikazano na sliki 1, sta višina analeme na nebu in njena usmerjenost odvisni od zemljepisne širine kraja. Na severnem in južnem tečaju je analema popolnoma pokončna, vidna je le njena zgornja oz. spodnja polovica. Celotno analemo vidimo med obema tečajnikoma, nad in pod tečajnikoma pa ne, saj za del leta nastopi polarna noč in takrat Sonca ni na nebu. Če jo opazujemo ob poldnevu na poldnevniku, bo še vedno pokončna, bližje ekvatorju se pojavlja višje nad obzorjem. Na ekvatorju je neposredno nad opazovališčem.



SLIKA 1.

Analema za severni pol (1), severni poldnevnik (2), ekvator (3), južni poldnevnik (4) in južni pol (5) za vse ure v dnevu, oranžno podnevi in modro ponoči.

Analema nastane zaradi:

- nagnjenosti osi Zemlje,
- kroženja Zemlje okoli Sonca po elipsi,
- ker je Sonce v gorišču Zemljine eliptične tirnice.

Če bi Zemlja okoli Sonca krožila po krožnici in bi njena vrtilna os ne bila nagnjena glede na ekliptiko, bi se Sonce skozi vse leto vedno pojavilo na isti točki neba ob istem času dneva in se med letom na nebu analema ne bi izrisala. Navpična razpotegnjenost analeme nastane zaradi nagnjenosti Zemljine osi, vodoravna pa zaradi gibanja Zemlje okrog Sonca po

elipsi. Za različno veliki zanki osmice (poletna zanka je manjša) oz. za različno velike razmake med zaporednimi dnevi pozimi in poleti pa je odgovorna ekscentričnost Sonca. Zemlja se giblje hitreje, kadar je bližje Soncu, in počasneje, kadar je dlje od Sonca. Vzhodno-zahodna komponenta analeme (vodoravna komponenta oz. debelina osmice) prikazuje časovno enačbo ali razliko med Sončevim in lokalnim srednjim časom. To si lahko razlagamo kot sončno uro, ki prehiteva ali zaostaja v primerjavi z uro, ki teče enakomerno. Prikazuje torej, koliko zahodno ali vzhodno je Sonce v primerjavi s povprečnim položajem. Bolj kot je Sonce zahodno v primerjavi s povprečnim položajem, bolj sončna ura prehiteva v primerjavi z uro.

Čeprav se izraz analema običajno nanaša na Zemljino Sončevo analemo, lahko opazujemo analemo na katerikoli drugih nebesnih telesih. Na različnih planetih je analema različnih oblik in različnih velikosti, saj so nagibi njihovih vrtilnih osi na tirnice in ekscentričnosti orbit različni.

Sončni koledar dobimo, če nebesno analemo preslikamo prek točke na podlago. Glede na lego podlage ločimo navpične (stena), vodoravne (tla) in ekvatorialne (nagnjen tako, da je podlaga vzporedna z nebesnim ekvatorjem) sončne koledarje. Namestitve podlage sončnega koledarja zahteva poznavanje lokalne zemljepisne širine, natančne navpične smeri in smeri proti pravemu severu.

Lasten sončni koledar

Najenostavneje lahko sončni koledar pripravimo z opazovanjem. Izberemo ali postavimo objekt, ki meče senco vse leto. Višji kot je ta objekt, bolj natančen in večji bo sončni koledar. Nato pa vsak dan v letu ob isti uri zabeležimo položaj vrha sence, ki jo objekt meče. Pri tem pa moramo paziti, da upoštevamo le zimski čas. Po enem letu bo ob rednih meritvah viden oris osmice, za vse točke pa je potrebno več let opazovanja, saj so vmes oblačni dnevi in vedno tudi nimamo časa zarisati lego sence.

Če pa je iskanje prave površine in objekta za senco prezahtevno, lahko naredimo tudi merilno napravo. Najenostavneje je, če na ploščo pritrđimo palico, vse skupaj položimo na vodoravno podlago in usmerimo daljšo os proti pravemu severu. Meritve izvajamo vsak dan ob istem (zimskem) času.



SLIKA 2.

Domači sončni koledar, z gnomonom v smeri proti jugu

Za pripravo domačega sončnega koledarja z meritvami v praksi potrebujemo več let, saj kar nekaj dni oblaki prekrivajo Sonce in sence tako ni mogoče odčitati ali pa enostavno nismo ob napravi v času meritve.

Preslikavo analeme na podlago pa lahko določimo tudi računsko. Teoretične osnove tega izračuna je v Preseku pred leti že opisal Marijan Prosen [4]. Izračun azimuta in dolžine sence za vsak dan v letu ob poldne lahko relativno enostavno pripravimo s programskim jezikom Python.

Kako natančen je lahko domači sončni koledar?

Doma lahko naredimo na dan natančen sončni koledar, vendar za to potrebujemo zelo visok gnomon ter točne in natančne meritve. Če želimo opazovanja primerjati z izračunom, moramo biti pozorni, da uporabimo pravi in ne magnetni sever. Upoštevati je potrebno tudi, da se datumi vsako leto malo zamaknejo in se na prestopno leto znova poravnajo z izhodiščno meritvijo. V našem poskusu smo naredili grafično in številsko primerjavo doma narejenega sončnega koledarja ter izračuna pripravljene v nadaljevanju opisano Python kodo. Pri številski primerjavi smo tako za razdaljo kot tudi za azimut izračunali absolutno in relativno napako po znanih formulah.





Povprečna relativna napaka pri naših primerjavah je bila pri razdalji 1,7 % in pri azimutu sence 1,2 %. Številki sta sicer majhni, ampak taka natančnost ni dovolj, če hočemo imeti na dan natančen sončni koledar v katerem koli času leta.

Razlike med izračunom in meritvijo so vidne na sliki 3, kjer rdeče pike predstavljajo meritve, črne pa izračune. Na konkretnem primeru je dobro vidno, da je meritev 2.11. zelo natančna, 3.11. pa manj, saj se pozna vsaka minuta prehitre ali prepozne meritve.

Vsekakor je izdelava sončnega koledarja lep šolski ali domači projekt, pri katerem se lahko veliko naučimo. Lahko je tudi odlično učilo za prikaz navideznega gibanja Sonca med letom, nanj pa lahko navežemo tudi razlago lastnosti Zemljine tirnice.

Moj sončni koledar

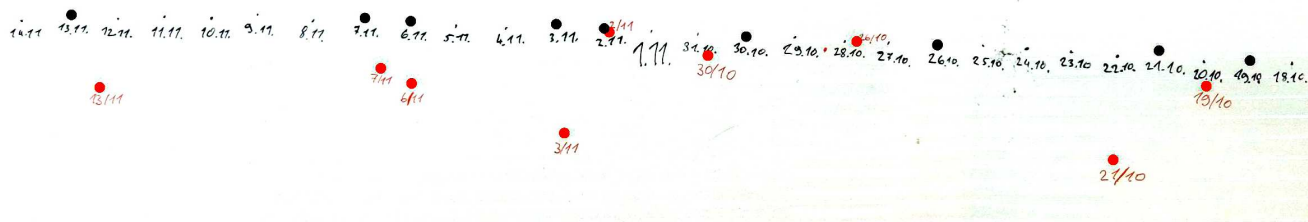
Idejo za izdelavo lastnega sončnega koledarja sem dobil na strehi Nemškega tehniškega muzeja v Münchnu, ki sem ga obiskal maja 2019. V muzeju je sicer razstavljenih nešteto izjemno zanimivih stvari, vendar pa je bil prav sončni koledar tisti, ki me je najbolj prevzel.

Izdelavo sončnega koledarja sem strnil v raziskovalno nalogo, ki sem jo pod mentorstvom Darje Oven (OŠ Danile Kumar, Ljubljana) napisal v šolskem letu 2020/2021, ko sem obiskoval 8. razred.

Izdelave sončnega koledarja sem se lotil na dva načina. Sončni koledar sem najprej poizkušal izdelati s pomočjo poskusa, tako da sem opazoval spreminjanje sence palice vsak dan ob istem času. Iz osnovnih materialov sem naredil merilno napravo in

nato vsak dan ob dvanajstih po srednjeevropskem zimskem času oz. ob trinajstih po srednjeevropskem poletnem času izvedel meritve konca sence palice. V drugem delu sem s kodo, napisano v programskem jeziku Python, meritve potrdil ter jih hkrati izračunal tudi za tiste dni, ko meritve zaradi oblačnosti ali pa zato, ker me ni bilo doma, ni bila možna. V Pythonu sem prilagajal dve že obstoječi kodi za izračun analeme. Rezultati prve kode so preveč odstopali od mojih meritev in ugotovil sem, da so v uporabljeni knjižnici napake. Tako sem se lotil še druge kode, ki je bila kompleksnejša in je imela še program za izris analeme na nebu. Po nekaj prilagoditvah se je rezultat druge kode presenetljivo dobro ujemal z dejanskimi meritvami. Dobljeni rezultat sem narisal na ploščo in tako sem naredil sončni koledar.

V raziskovalni nalogi sem izpolnil svoj osnovni cilj: izdelal sem natančen sončni koledar. Med delom sem si tudi popolnoma razjasnil, kako sončni koledar deluje. Del analeme za približno polovico leta sem s poznavanjem realne računske analeme lahko razbral iz opazovanja smeri in dolžine sence na vsak sončen dan ob lokalnem poldnevu, za vse ostale dneve pa sem sončni koledar izračunal s pomočjo kode v programskem jeziku Python. Z izračunom sem potrdil tudi že izvedene meritve z upoštevanjem magnetne deklinacije. Ko sem primerjal številске rezultate meritev, sem ugotovil, da so meritve presenetljivo natančne v primerjavi z izračunom. Poleg tega sem se med raziskavo veliko naučil tudi o programiranju v Pythonu.



SLIKA 3.

Grafična primerjava meritev domačega sončnega koledarja in izračuna, pripravljenega s Python kodo (krogci).

Če bi se izdelave naprave lotil še enkrat, menim, da bi jo izdelal veliko bolje in lažje, kot sem jo sedaj. Izbral bi daljšo ploščo in drugače bi izdelal stojšče za gnomon oz. palico, ki kaže senco, da bi lahko enostavneje meril azimut in razdaljo od izhodišča. Za dosego tega pa bi moral spremeniti še vrh gnomona, da bi na podlago metal svetlega »zajčka«.

Računanje analeme

Poleg osnovnih Python knjižnic je potrebno uporabiti še astronomsko knjižnico `ephem`. Spodaj predstavljena koda je prilagojena po www.wraithx.net/science/analemma/. V celoti je koda zapisana v prilogi zaključnega poročila raziskave [1].

V osnovni kodi so najpomembnejši deli:

- Nebesno telo, ki ga opazujemo (Sonce):

```
astro_str = "Sun"
astro_body = ephem.Sun().
```
- Lokacija (geografsko dolžino in širino) opazovanja:

```
observer = ephem.Observer()
observer.name = "Ljubljana"
observer.lon = '14.507694'
observer.lat = '46.087039'.
```
- Čas meritve se v kodi določa skozi skoraj celotno kodo in se spreminja glede na ukaz v grafičnem programu za izris, za lažje beleženje datumov ob rezultatih pa na začetek kode postavimo spremenljivko `e`:

```
e=datetime.datetime(2020,1,1,12,00,00).
```
- Azimut Sonca program izračuna takoj, ko določimo nebesno telo, ki ga opazujemo, in kraj opazovanja. Predstavlja ga spremenljivka `astro_body.az`.
- Vpadni kot sončnega žarka je torej kot med podlago in sončnim žarkom, ki je v knjižnici `ephem` definiran kot vpadni kot `astro_body.alt`.
- Za izris točk na analemi pa so pomembne vrstice spodaj, saj določajo `x` in `y` koordinate vseh točk analeme za vsak dan:

```
x = deg_per_rad * float(astro_body.az)
y = deg_per_rad * float(astro_body.alt)
return (x,y).
```
- Za izdelavo sončnega koledarja potrebujemo tudi razdaljo točke od izhodišča, ki jo izračunamo za naslednjimi vrsticami, ki so umeščene pred zgoraj omenjeni del:

```
degreeHMS = astro_body.alt
degreeSplit = str(degreeHMS).split(':')
degreeDec = (float(degreeSplit[0]) +
             float(degreeSplit[1])/60.0 +
             float(degreeSplit[2])/3600.0)
tanAlfraRad = math.tan(degreeDec *
                       math.pi / 180.0)
```

```
lenB = 1 / tanAlfraRad
```

Najprej določimo spremenljivko `degreeHMS`, ki jo pretvorimo v desetiški sistem tako, da jo po dvo-pičjih razdelimo v seznam, nato vsak del posebej delimo in vse skupaj seštejemo. Nato rezultat z uporabo funkcije tangens in višine gnomona spremenimo v razdaljo.

- Za konec pa izračun zapišemo še v vrstico za rezultate in po tem prištejemo še en dan k spremenljivki `e`:

```
print ("alt", astro_body.alt, "az",
      astro_body.az, "datetime", e,
      "distance", lenB)
e += datetime.timedelta(days=1).
```

Literatura

- [1] A. Jaklič, *Sončni koledar*, Raziskovalna naloga. Osnovna šola Danile Kumar, 2021.
- [2] M. Prosen, *Teorija sence: od Sonca do osvetljene ravne palice*, kratka razprava, e-knjižica, samozaložba, 2018.
- [3] *Wraithx Analema*, dostopno na www.wraithx.net/science/analemma/, ogled 30. 8. 2021.
- [4] M. Prosen, *Osmica*, Presek, 27 2000, 4 206–207.

× × ×

www.obzornik.si

www.dmfa.si