

Babilonski i egipatski kalendari i astronomija

NEVA SLANI¹ I IGOR MACUKA²

Uvod

Svakodnevno iskustvo u nastavi i posebice ono s ovogodišnjeg Festivala znanosti na temu „Vrijeme” pokazuju nam da učenici, i ne samo oni, kalendar kao i položaj Zemlje u Sunčevom sustavu uglavnom uzimaju za dane. Vjerojatno niti ne zamišljamo koliko je intelektualnog napora trebalo uložiti da razvijemo kalendar kakav danas poznajemo i koliko je trebalo mudrosti, matematičkog i astronomskog znanja, lucidnosti, pa i neustrašivosti da spoznamo gibanje planeta unutar našeg Sunčevog sustava.

Radeći na projektu Festivala utvrdili smo da učenicima, iako se radi o njima poznatim pojmovima, nisu posve jasne osnove kalendara: od nesigurnosti vezanih uz izmjene dana i noći, godišnja doba te vremenske kategorije i njihovo trajanje, do položaja Zemlje u Sunčevom sustavu, Zemljinih gibanja i gibanja koje možemo promatrati. Dojma smo da postojeći nastavni plan i program za osnovnu i srednju školu „pomaže” to nerazumijevanje – mnogi se pojmovi usvoje rano, npr. u razrednoj nastavi ili geografiji petog razreda, i kasnije se te informacije nedovoljno ili uopće ne revidiraju.

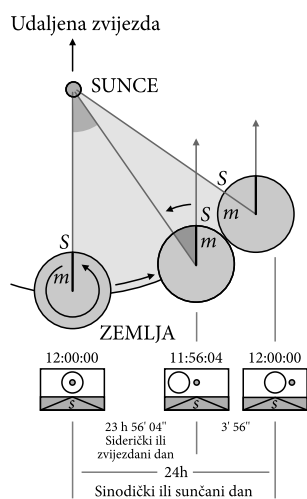
Nadamo se da će ih ove povijesne crtice te predložene vježbe motivirati za dodatnu nastavu sa što više učeničkog rada i samostalnog zaključivanja.

O mjeranju vremena

Razvoj kalendara jedan je od glavnih pokretača razvoja astronomije, pa i znanosti uopće. Već su lovačko-sakupljačka društva te kasnija ratarska, uslijed ovisnosti o urodu biljaka, uočila **periodičnosti** raznih pojava: samih prirodnih ciklusa biljaka, godišnjih doba, plime i oseke, poplava... Te su periodičnosti ljudi povezali s periodičnim gibanjima Sunca, Mjeseca i zvijezda, koje su promatrali na nebeskome svodu (danas dio tih veza smatramo znanstveno utemeljenima, dio ne). Pritom je za uočavanje i definiranje nekih od navedenih pravilnosti bilo potrebno malo vremena, za druge su pak bila potrebna tisućljeća ljudskog iskustva.

¹Neva Slani, Učiteljski fakultet, Sveučilište u Rijeci, Rijeka

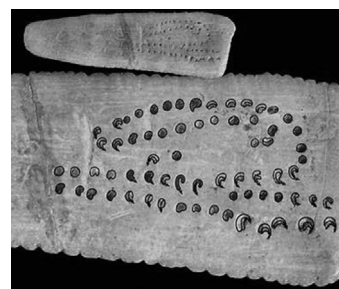
²Igor Macuka, Gimnazija Pula, Pula



Slika 1. Razlika sinodičkog i sideričkog dana

Danas bez razmišljanja podrazumijevamo da dan čine 24 sata³ iako svjesni da dva uzastopna izlaska Sunca nisu razmaknuta točno 24 h, kao što je od davnina očito da se trajanje dana u smislu dnevnog svjetla te njegove oprečnosti noći mijenjaju kroz godišnja doba. I trajanje sunčevog dana malo varira kroz godinu. Zašto baš 24 dijela dana, bit će riječi dalje u tekstu, zasad uočimo kako je tih 24, kao i daljnje podjele na 60, neobično univerzalno prihvaćeno.

Iz današnje perspektive neobična je i podjela godine na 12 **mjeseci** nejednake duljine (osim što nas navodi da identificiramo 12 kao bazu računanja u davna vremena: $24 = 2 \times 12$, $60 = 5 \times 12$). Veljača, ne samo kao vrijeme poklada, mačjeg zavijanja ili ekstremnih temperatura u raznim dijelovima svijeta, posebice bude u oči.⁴ Pravilnost pojave mjesečevih mijena ljudi su uočili davno, još u starijem kamenom dobu, za što postoje brojni dokazi u obliku kamenih pločica sa zabilježenim mijenama. Bilo je potrebno otprilike 29 i pol dana za ispratiti jedan mjesečev ciklus. Nazivamo ga **lunacija**, odnosno oko 59 dana za dva ciklusa, u što se svatko od nas može uvjeriti. (U skladu s prethodno rečenim za dan, ovakav period od jednog mjeseca u smislu jedne Mjesečeve rotacije opservirane sa Zemlje nazivamo **sinodičkim mjesecom**. **Siderički** bi pak **mjesec** bio onaj iz perspektive nerotirajućeg sustava, gdje bismo promatrali dva uzastopna prolaska Mjeseca kraj konkretne zvijezde – koja nije Sunce – na našem nebeskom svodu.⁵)



Slika 2. Prikaz mjesečevih mijena – pločica iz Blancharda stara 25 000 godina

³Zvezdani dan je zbog kretanja Sunca kako ga vidimo u odnosu na druge zvijezde mrvicu, oko 4 minute, kraći.

⁴Razlogom kraćeg trajanja veljače dugo se smatrala (prema Johannesu de Sacrobosco, učenjaku iz 13. st.) taština prvog rimskog cara Augusta – navodno nije želio da „njegov” mjesec traje kraće od onog imenovanog po njegovom prastricu Juliju Cezaru pa je „ukrao” dan veljači i dao ga kolovozu odnosno augustu, no razni dokazi pobijaju takvo objašnjenje. Uzroke, čini se, valja tražiti u položaju veljače i takozvanih *dies fasti* rimskog kalendara.

⁵Siderički je mjesec nešto kraći od lunacije, opet zbog naše perspektive prema kojoj Sunce još malo odmakne u odnosu na zvijezde, i traje oko 27 i trećinu sunčevih dana.

Naposlijetku, objasnimo kako se došlo do trajanja jedne godine. Godinu čini jedan ciklus godišnjih doba. Izmjene godišnjih doba negdje su izrazitije, negdje manje očite, ali postoje svugdje na Zemlji, odnosno svugdje postoji prirodna potreba za njihovim identificiranjem. Tako na područjima oko Ekvatora imamo konstantne temperature, ali zato razlikujemo doba kiša i doba suše. Na polovima također razlikujemo dva doba, ljeto i zimu, kad Sunce uopće ne zalazi odnosno ne izlazi. U preostalim dijelovima svijeta tipičan je dojam tri ili četiri godišnja doba, a ponegdje i šest. Bilježenjem godišnjih doba unutar nekoliko desetljeća ili stoljeća može se doći do približnog trajanja godine od 365 i jedne četvrtine dana. Naime, greška u pretpostavljenoj duljini godine od primjerice 5 dana u nekim dijelovima svijeta postaje očita nakon desetak godina, negdje nakon dvadeset, svugdje nakon trideset, s obzirom da se u to vrijeme akumulira dovoljno dana viška ili manjka da se godišnja doba poremete. No, davni narodi i prvi astronomi, kao što ćemo ispod opisati, bili su i mudriji.⁶

Koliko ima drevnih civilizacija, toliko ima drevnih kalendara i pokušaja bilježenja vremena. Za razvoj kalendara kakav danas poznajemo od presudnog su značaja babilonski i egipatski kalendari. Osvrt na njih ujedno je i površni pregled tadašnje astronomije.

Babilonski kalendar i astronomija

Babilonska civilizacija nazivnik je za narode i društvena uređenja na području južne i središnje Mezopotamije (današnji Irak) u periodu od približno 1900. g. pr. Kr. pa do približno 550. g. pr. Kr. Tu nalazimo prve organizirane gradove (Uruk, 4500. g. pr. Kr.⁷), organizirani transport i popločane putove, razvoj pisma (oko 3500. g. pr. Kr.), razvoj prava (Hamurabijev zakonik, oko 1750. g. pr. Kr.; prethodi mu sumerski Ur-Namuov zakonik, oko 2050. g. pr. Kr.), razvoj poreznog sustava, a samim time i razvoj matematike te astronomije. Stoga ne čudi da su vrlo precizno počeli bilježiti dane i stvarati prve kalendare.⁸

S druge strane, potreba za preciznijim kalendarima poticala je razvoj astronomije kao i matematike te znanosti uopće. Babilonci su prvi primijenili matematiku za izračun i predviđanje periodičnih pojava na nebu pa njihovu astronomiju s pravom smatramo kolijevkom suvremene astronomije. Prate dnevne, mjesečne i godišnje

⁶Nema puno pisane riječi, niti kradljivaca vremena (TV, internet); nebo je čisto, a i oblaka je malo!

⁷Radi se o prvom gradu na svijetu prema nekim ustaljenim definicijama (Jerihon, Biblos... su stariji, ali ovisno o definiciji nazivamo ih gradovima ili naseljima). Sami Sumerani su pak prvim gradom smatrali Eridu, 5400 g. pr. Kr., geografski smješten u neposrednoj blizini Uruka. U sljedećim stoljećima i tisućljećima na području Plodnog polumjeseca niče mnoštvo gradova.

⁸Povjesničar Paul Kriwaczek: *S gradom se pojavila centralizirana država, hijerarhija društvenih slojeva, podjela posla, organizirana religija, monumentalna gradnja, civilno inženjerstvo, pismo, literatura, kiparstvo, umjetnost, glazba, obradovanje, matematika i zakon, da ne spominjemo široko područje novih izuma i otkrića, od vozila s kotačima i brodova na jedra do grnčarske peći, obrade metala i stvaranja materijala. I povrh svega tu je ogromna kolekcija pojmova i ideja fundamentalnih za naš pogled na svijet, kao što je koncept broja ili mase, sasvim neovisan o konkretnim predmetima koje se broji ili važe – da smo odavna zaboravili da ih je trebalo otkriti ili izumiti.*

položaje zvijezda i planeta i već 1200 g. pr. Kr izrađuju katalog zvijezda. Također otkrivaju periodičnost mjesečevih pomrčina (takozvani saros period od približno 18 godina u kojem se ponavljaju pomrčine odnosno relativne geometrije Sunca, Mjeseca i Zemlje), bilježe Venerine, zatim Marsove, Jupiterove i Merkurove cikluse, primjećuju i objašnjavaju plime i oseke, itd.⁹

Od približno 2000. g. pr. Kr. Sumerani, pa kasnije Babilonci, koriste prvi pozicijski brojevni sustav, heksagezimalni odnosno onaj baze 60. Pretpostavlja se da je nastao za potrebe obračuna poreza. Također se vjeruje da je povezan s brojenjem rukama na način da se jedan od dvanaest članaka jedne ruke može pokazivati palcem iste ruke, dok druga ruka može pokazivati do 5 puta po dvanaest jedinica. Dodatno je sustav praktičan za osnovne izračune s obzirom na „lijepu” djeljivost baze 60. I danas nalazimo refleksije tog sustava kod mjerenja vremena (1 h = 60 min, 1 min = 60 s), odnosno kutova. Puni kut koji mjerimo kao 360° izvorište pak može imati u heksagezimalnom sustavu (jednostavno ga dijelimo na 6 dijelova po 60°), ali i približnom trajanju godine od 360 dana.

Potreba za kalendarom prvenstveno je dolazila od potrebe za preživljavanjem i stvaranjem zaliha hrane. Na području između ćudljivih Eufrata i Tigrisa ističu se dva godišnja doba koja su Babilonci razlikovali: ljeto i zima, doba suše i doba kiša, doba žetve i doba sjetve. Babilonski astronomi pokušali su predvidjeti plavljenja i suše, te općenito utjecaje prirode na društveni život, a izvorište su tražili u nebeskim tijelima. Iz toga proizlazi značaj astronoma i njihova gotovo šamanska uloga, te velika moć astrologije u Babiloniji.¹⁰

Kalendar je bio **mjesečev** ili **lunarni**, što znači da je pratio pojavu mjesečevih mijena koje, ponovimo, imaju period od oko 29.5 dana. To znači da je u jednu godinu stalo 12 manjih jedinica – mjeseci. Svaki mjesec započinjao je pojavom mladog mjesečevog srpa i trajao naizmjenice 29 odnosno 30 dana. Ukupno je 12 takvih mjeseci davalo 354 dana, čime je godina bila prekratka za malo više od 11 dana. Kako su Mjesec i njegove mijene bili imperativ, Babilonci su manjak dana nadomještali trinaestim mjesecom – ne svake godine, kako bi i taj mjesec imao trajanje usklađeno s lunacijom, a lunacije pak s godinama (godišnjim dobima). Taj postupak se u kalendarskoj praksi naziva **interkalacija** i nalazimo ga kod mnogih kasnijih kalendara. Jedna takva varijanta koju su Babilonci primjenjivali sastoji se od 12 čistih lunarnih godina i 7 interkaliranih, koje jako dobro aproksimiraju 19 sunčevih godina. Kasnije se navedeni ciklus naziva **metonskim** po grčkom astronomu Metonu koji je navedeni sustav prenio u Atenu. Svakako, iz babilonskih vremena vučemo potrebu da

⁹Babilonski (kaldejski) astronomi uočavali su periodičnosti i predviđali položaje nebeskih tijela, ali nisu nudili modele njihovog kretanja te još manje dokaze za takve modele. Zato se njihova znanja još ne smatraju početkom znanosti. Na području Babilonije u 2. st. pr. Kr., a za vrijeme dinastije Seleukovića, djeluje astronom Seleuk koji prvi sugerira da su plime posljedica Mjesečevog privlačenja i ovise o položaju Mjeseca u odnosu na Sunce. Također, prvi je zagovornik heliocentričnog sustava koji je, prema Plutarhovu pisanju, za to ponudio dokaz.

¹⁰Iako je zodijačka podjela nebeskog svoda babilonskog porijekla, horoskop kao utjecaj zvijezda na individualnu sudbinu zaživio je tek kasnije, u Starome Rimu.

mjesece „uguramo” u godinu. (Znamo kako su mjeseci malo „rastegnuti” u našem gregorijanskom kalendaru kako bi njih 12 napunilo godinu. Možemo se pitati bismo li došli do ljepših rješenja kada ne bismo uklapali mjesece u sunčevu godinu, a opet da podijelimo godinu na manje vremenske jedinice. Primjerice, očitih $365 = 73 \times 5$ ne prati izmjenu godišnjih doba, a 12 je pak čarobno zgodno za područja s bilo 2, 3, 4 ili 6 godišnjih doba!)

Babilonci su svaki sedmi dan u mjesecu (7, 14, 21 i 28) smatrali sretnim, što neki povjesničari smatraju začetkom „tjedna” ili „sedmice”. Lunacija odnosno mjesec dana očito sadrži malo više od četiri sedmice.

Osvajanjem Mezopotamije Aleksandra Makedonskog, znanja o kalendaru šire se i na ostale strane svijeta te nalazimo refleksije babilonskog kalendara i astronomije i u kalendarima ostalih naroda. Godine Babilonci nisu evidentirali kao mi danas, već po ključnim događajima koji su se zbili u navedenoj godini. Zbog toga kao i lunarne osnove kalendara datiranje događaja i povezivanje s kasnijim kalendarima, za početak egipatskim, nije očito. U tome je pomogao je tzv. kanon kraljeva – popis kraljeva Babilonije i Perzije koji je astronom Klaudije Ptolemej iz 2. st. dodao jednoj od svojih knjiga.

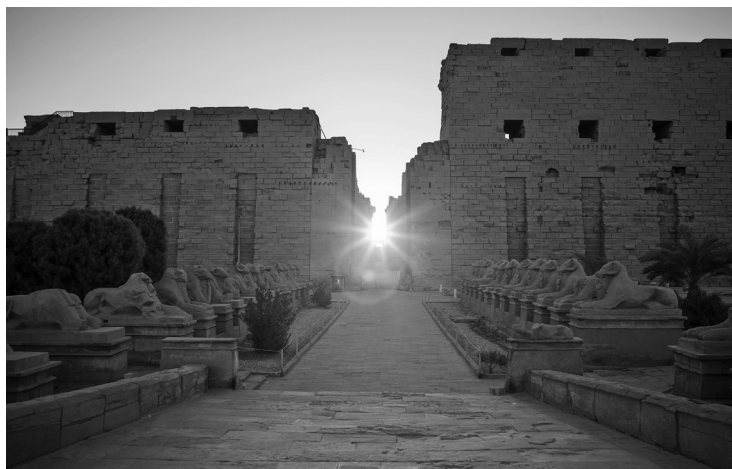
Egipatski kalendar i astronomija

Egipatska civilizacija (oko 3100. g. pr. Kr – 30. g. pr. Kr¹¹) bila je od prapovijesti u najvećoj mjeri orijentirana na Nil i s obzirom na ekstremno skromne količine padalina ovisna o ciklusima plavljenja – **inundacijama** – Nila. Trebalo ih je bilježiti i predvidjeti pa se potreba za kalendarom javlja rano. S pojavom pisma (oko 3100. g. pr. Kr.) pojavljuju se i zapisi „pravih” kalendara. Koliko su kalendar i predviđanja prirodnih pojava bili presudni te osiguravali društvenu moć govori i činjenica da su kalendarom upravljali svećenici i čak su sami faraoni, prilikom stupanja na vlast, prisezali da se neće miješati u kalendare.

Egipćani su značajno razvili medicinu, arhitekturu, matematiku i astronomiju (iako su Babilonci, posebice Kaldejci, prednjačili u astronomiji i matematici). Često su i same građevine usmjeravali prema astronomskim pojavama ili objektima na nebu, pogotovo suncu i njegovim položajima za ravnodnevnicu ili suncostaja. Za razliku od Babilonaca kojima je osnova kalendara bio mjesečev ciklus, Egipćani su imali malo složeniji sustav kalendara, još uvijek ne u potpunosti razjašnjen, i bili izrazitije usmjereni na sunce.

Primijetili su da se inundacije Nila ponavljaju i približno podudaraju s takozvanim helijakalnim izlaskom zvijezde Sirius. Sirius je, gledano sa Zemlje, najsjajnija

¹¹Egipatska kultura razvija se od 5500. g. pr. Kr., a oko 3100. g. pr. Kr. ujedinjuju se Gornji i Donji Egipat pod jednim faraonom. Od 672. g. pr. Kr. Egipat je dijelom Novoasirskog carstva – zajedno s Babilonijom, zatim Perzijskog, a 330. g. pr. Kr. osvaja ga, kao i Perziju, Aleksandar Makedonski. Aleksandrov general Ptolemej Soter i potomci mu bili su faraoni do 30. g. pr. Kr. i rimske vladavine. „Egipat je dar Nila, a Nil je dar života”, Herodotove su riječi.



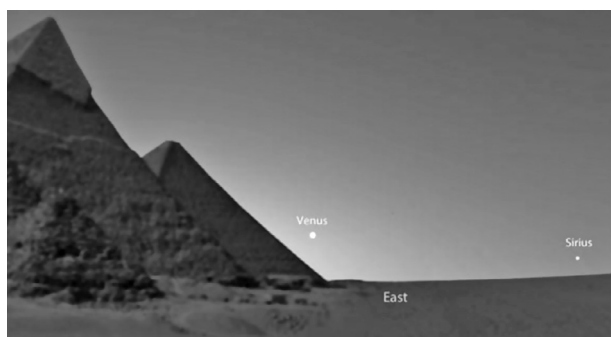
Slika 3. Hram Karnak za zimskog solsticija – cijeli je kompleks ravnat astronomskim događajima

zvijezda na nebu poslije našeg Sunca pa je stoga lako uočljiva i jednostavna za praćenje. U vrijeme kad Nil kreće plaviti, što je približno doba ljetnog solsticija, Sirius (egipatski po božici *Sopdet*, grčki *Sotis*) se pojavljuje u zoru neposredno pred izlazak sunca nakon što 70 dana nije bio vidljiv. Nakon toga se «penje» po nebeskom svodu, što ga čini vidljivim u sve većem dijelu noći. Egipatski astronomi prilično su točno odredili da vrijeme od jednog do drugog takvog Siriusovog izlaska traje oko 365 i jedne četvrtine dana (sada znamo preciznije, oko minute više od 365 dana i 6 sati), što čini tzv. **sotičku godinu**. Izmjene godišnjih doba pak definiraju takozvanu **sunčevu godinu**, čije je trajanje otprilike 11 minuta kraće od spomenutih 365.25. Kad bismo godinu mjerili tako da mjerimo vrijeme potrebno da se Sunce iz naše perspektive vrati na isto mjesto u odnosu na druge zvijezde, dobili bismo trajanje **sideričke godine** koja je pak 8 minuta dulja od 365 dana i 6 sati. Trajanje sideričke godine bilo bi ovisno o odabranoj zvijezdi kad bi taj odabir bio proizvoljan, tako se definicija odnosi isključivo na zvijezde koje se nalaze u ravnini tzv. ekliptike, prividne putanje koju opiše Sunce na nebeskom svodu. (Očito se Sirius ne nalazi na ekliptici.)

Moć egipatskih vladara, kao i sumerskih i babilonskih, počivala je na vjeri, pozemlju i sudstvu.¹² Tako su na snazi bila dva kalendara, civilni, koji je donekle pratilo sunčevu godinu i bio jednostavniji za korištenje, te agrikulturni i ujedno vjerski, koji je bio lunarni te kasnije postao lunisolarni. **Agrikulturni kalendar**, s vjerskim datumima i koji se koristio u obredne svrhe, bazirao se na 12 mjeseci, gdje bi svaki mjesec započeo srpom «starog» mjeseca. U kasnijem periodu kalendar se usklađivao s godišnjim dobima plavljenja, sjetve i žetve, te pojavljivanjima Siriusa. Kad bi kalendar akumulirao zaostatak u odnosu na godišnja doba odnosno izlazak Siriusa, interkalirao bi se 13. mjesec.

¹²«Obični» Egipćani vodili su iznimno bogat ovozemaljski život.

Svjetovni ili **civilni kalendar**, koji se koristio u administrativne i porezne svrhe, imao je godinu koja traje 365 dana, podijeljenu na 12 mjeseci koji nisu pratili mjesečeve faze. Svaki mjesec imao je točno 30 dana. To daje 360 dana (vjeruje se da je kalendar u svojim počecima i imao 360 dana) i priližno su četiri mjeseca određivala po jedno godišnje doba. Preostalih 5 tzv. **epigomenalnih** dana bili su posvećeni rođendanima pet bogova. Ovih pet dana smatrano je nesretnima. Kako je civilna godina zbog četvrtine dana manjka postajala neusklađena s inundacijama Nila i sa Siriusovim gibanjem po nebu, civilne godine zvali su **lutajućim godinama** (dakle, u npr. 100 godina kalendar bi odlutao 25 dana unatrag).



Slika 4. Helijakalni izlazak Siriusa u Egiptu

Ako ne ranije, kratkoću kalendara razumjeli su fantastični matematičari i astronomi koji su djelovali u Aleksandriji u doba helenizma. Faraon Ptolemej III Euerget je 238. g. pr. Kr. donio dekret kojim se prekratka civilna godina popravlja na način da se svake četiri godine uvede prijestupna godina. Zbog otpora svećenstva (u priči o kalendarima takav se otpor javlja više puta) dekret nije poštovan. Takav reformirani kalendar nazivamo **aleksandrijskim**, a u potpunosti ga na području Egipta ustaljuje tek rimski car August oko 25. g. pr. Kr. kada ga širi izvan granica Egipta. Augustov je prethodnik Julije Cezar 46. g. pr. Kr. pak reformirao rimski kalendar. (**Julijanski kalendar** i aleksandrijski poklapaju se u broju dana. Njihova je korekcija **gregorijanski kalendar** koju je 1582. g. proveo papa Grgur VIII., oduzimajući tri prijestupna dana u 400 godina i tako dobivši izvrsnu aproksimaciju solarne godine.)

Godine su se evidentirale po vladarima odnosno dinastijama, slično kao i kod babilonskog kalendara.

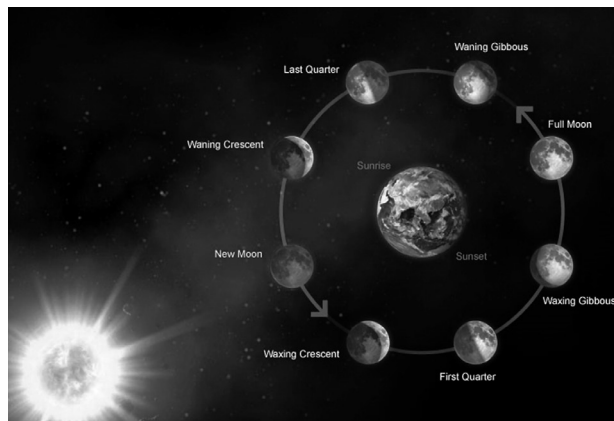
Jedna od najranijih metoda kojima su Egipćani pratili prolazak vremena je opisanje pozicije zvijezda na noćnom nebu. Posebno su istaknuli 36 zvijezda odnosno malih grupa zvijezda koje su stari Grci nazvali **dekanima** (zna se jedino da su među njima Sirius i također sjajni Orion). Svaki je dekan svojim helijakalnim izlaskom karakterizirao 10 dana, koji su činili **tjedan** civilnog kalendara. Epagomenalni dani tretirali su se zasebice. No, kad se kroz stoljeća pokazalo da je takva godina prekratka, uvijek zbog četvrtine dana, uveden je novi sustav dekana.

Dekanima se opisivao i dnevni prolazak vremena – kako se na ljetnom noćnom nebu pojavljivalo po 12 dekana, u otprilike 40-minutnim razmacima, tako su Egipćani ti koji su noć podijelili na 12 (nejednakih) sati, te analogno ostatak dana na 12 dijelova. **Hiparh iz Niceje** (190 g. pr. Kr. – 120 g. pr. Kr.) se, osim što je bio na tragu heliocentričnog sustava, zalagao za podjelu dana na 24 sata jednake duljine, no to se ostvarilo tek s pojavom mehaničkog sata, u 14. – 15. st.

Metodička vježba: Promatranje mjeseca

Mjesec kao nama najbliže i najsjajnije nebesko tijelo na noćnom nebu od davnih je dana zaokupljao pažnju ljudi. Predložimo vježbe kojima će djeca sistematizirati i uobličiti iskustvo svakodnevnih susreta s mjesecom, a bez posebnih optičkih pomagala. One se mogu izvoditi primjerice u petom razredu osnovne škole ili prvom razredu srednje škole, na način da vremenski prethode gradivu vezanom za Zemlju i Sunčev sustav iz geografije, a kao jedna nezahtjevna zadaća koja potiče na redovit i samostalan rad.

Učenicima su dobro poznate mjesečeve mijene, ali korisno je da ih samostalno promotre i zabilježe. Idealno je da to čine mjesec dana kako bi zapazili da se faze Mjeseca ponavljaju nakon 29 – 30 dana. Bilježiti ih mogu tako da ih skiciraju ili fotografiraju. Pritom mogu mjeriti i prividnu veličinu Mjeseca tako da ispruže ruku, gledaju duž nje a preko ramena i za jediničnu mjeru koriste širinu vlastitog palca. Poželjno je da zapišu i vrijeme promatranja. Ovakvo promatranje, ukoliko se nastavi i sljedećih mjesec dana, prilika je i da učenici uoče na kojoj se poziciji na horizontu Mjesec pojavljuje kad je u određenoj fazi, odnosno da se pun Mjesec ponavlja na približno istom mjestu, mlađak na svom itd. Svakako će zaključiti da Mjesec koji vidimo je nalik slovu D dok je Mjesec u takozvanoj rastućoj fazi, dok je oblika slova C u smanjujućoj fazi. Nadalje, mogu uočiti da su i „šare” (krateri) Mjeseca uvijek iste, odnosno da nam pokazuje jednu stranu.



Slika 5. Mjesečeve mijene – odnos Sunca, Mjeseca i Zemlje

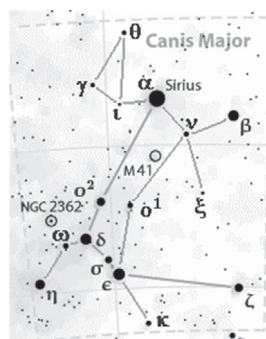
Sve zabilježeno valja komentirati na nastavi, iako će znatizeljni zacijelo u knjigama ili internetu potražiti objašnjenja. Od presudnog je značaja da se u učionici pomoću žarulje i lopte simuliraju mjesečeve mijene i time, između ostalog, osvijesti učenike o važnosti promatrača u opisu fizikalnih pojava (referentni sustavi). Svakako mora biti jasno da su mijene rezultat položaja Mjeseca u odnosu na Sunce kako to mi sa Zemlje vidimo. Jesu li učenici uspjeli „uhvatiti” sve mijene? Zašto? (Slika 5.)

Noćno gibanje Mjeseca u odnosu na zvijezde stajačice kao i promjenu položaja izlazaka i zalazaka Mjeseca, povezat će se s gibanjem Mjeseca oko Zemlje. Varijacije prividne Mjesečeve veličine sugerirat će da njihove međusobne udaljenosti variraju, a što je rezultat gibanja Mjeseca po eliptičnoj putanji.

Mjesec kao da prati Sunčevo kretanje po nebeskom svodu, ali u odnosu na njega ipak malo odstupa – za oko 5 stupnjeva razmaknute su ravnine gibanja Zemlje oko Sunca i Mjeseca oko Zemlje. Stoga i vidimo puni Mjesec, a tek ponekad događaju se pomrčine, pogotovo totalne, i to prilikom križanja navedenih ravnina. Učenicima viših razreda možemo napomenuti da ta putanja zakreće (kao hula-hop) godišnje oko 40°, no to je gibanje koje ne uočavamo zbog položaja ravnine u kojoj se izvodi.

Metodička vježba: Helijakalni izlazak Siriusa

Promatranje helijakalnog izlaska Siriusa ili neke druge zvijezde zgodan je zadatak za učenike. Helijakalni izlazak pojavljivanje je zvijezde na nebu u zoru, neposredno pred izlazak Sunca, dok je Sunce tik ispod horizonta. Konkretno, za izlazak Siriusa valjalo bi biti budan do ranih jutarnjih sati kolovoških vrućih dana, što je možda prikladan zadatak za srednjoškolce ☺. Preciznije, za naše krajeve to bi bilo oko 16. kolovoza, negdje oko 4 ujutro. (S obzirom da se helijakalni izlazak Siriusa u našim krajevima događa u vrijeme školskih praznika, može se odabrati i druga zvijezda koju bi se promatralo s identičnim ciljem. Npr. helijakalni izlazak Arktura očekivali bismo krajem listopada.) Trenutak koji treba „loviti” je onaj kad je Sunce malo ispod horizonta, a zvijezda neznatno iznad („malo” i „neznatno” za Sirius daju razmak do oko 11 stupnjeva, kojeg Ptolemej naziva *arcus visionis*). Očito takvo promatranje ovisi o nadmorskoj visini horizonta.



Slika 6. Sirius u saviježđu Velikog Psa

Promatranje ovisi o geografskoj širini mjesta na kojem se nalazimo. Razlike u datumima helijakalnog izlaska približno iznose onoliko dana kolika je razlika u stupnjima geografske širine. Tako i duž Egipta, zahvaljujući njegovoj veličini, razlika u datumima iznosi osam dana, pa se njegov helijakalni izlazak nije svugdje jednako podudarao s plavljenjima Nila, koja pak kreću ranije na jugu, što umanjuje razliku. Današnji datumi ne podudaraju se s onim povijesnim, s obzirom da je Zemlja u me-

đuvremenu promijenila svoj položaj u odnosu na udaljene zvijezde. Na pomak utječe više faktora, konkretno duljina trajanja sotičke godine koja kroz povijest varira od neznatno manje od 365.25 u vrijeme ujedinjenja egipatskog kraljevstva do današnje 365.25 i dvije minute, što je pak posljedica nelujavosti rotacije Zemlje¹³ (pa pomak nije linearan) te gibanja samog Siriusa. Učenici mogu i pretpostaviti koliko iznosi taj vremenski pomak u npr. 5 000 godina: 12 minuta (prosječna razlika u trajanju sotičke i sunčeve godine) \times 5 000 = 60 000 min, dakle 1 000 sati, odnosno oko 42 dana. Za toliko se otprilike pomaknuo Sotis u odnosu na negdašnje „pasje vrućine” („pasje” su nazvane upravo po Siriusu kojeg se nazivalo Pasjom zvijezdom!). Preciznije, prije pet tisuća godina helijakalni se izlazak Siriusa u blizini Kaira odvijao se krajem lipnja, oko 25., ove godine se on dogodio oko 2. kolovoza.

Egipćani, prema tome, Siriusom nisu mogli objasniti plavljenje Nila pa je uparivanje tih dvaju događaja bila slučajnost. No, napravili su velik korak u shvaćanju gibanja nebeskih tijela time što su uočili periodičnost ovog astronomskog događaja, te još tim periodom mjerili duljinu godine.¹⁴

Sugeriramo da se učenicima skrene pažnja na prividan smjer gibanja zvijezda na nebeskom svodu, kao i smjer gibanja Mjeseca i Sunca na njemu, te da se navedena gibanja povežu u jedinstvenu sliku koja će nam dati uvid u smjer Zemljinih vrtnji.

Metodička vježba: Bilježenje položaja Sunca

Ova vježba korelira s uvodnim gradivom geografije u srednjim školama te s gradivom fizike za 1. razred srednje škole (Keplerovi zakoni, Newtonov zakon gravitacije).

Svakoga dana (kada vremenski uvjeti to omogućavaju) potrebno je fotografirati Sunce s istog mjesta u isto vrijeme. Navedeno je poželjno napraviti na način da se aparat fiksira (najbolje stativom) i da bude u istom položaju prigodom svake fotografije. Nije loše fotografijom obuhvatiti neki miran objekt (zgradu, stablo) kako bismo imali referentnu točku za analizu. Ovdje treba upozoriti učenike na štetnost izravnog promatranja Sunca očima kao i nemogućnost fotografiranja Sunca bez prigodnih filtera na leći kamere. Već nakon nekoliko dana učenici će primijetiti da se Sunce „pomiče” tj. da nije svakoga dana u isto vrijeme u istoj točki. Navedeni prividni pomak Sunca na nebeskom svodu kroz godinu opisuje krivulju (nalik broju osam) koja se naziva sunčeva analema.

Pomak Sunca koji učenici zabilježe tijekom trajanja projekta nastaje zbog nagnutosti osi rotacije u odnosu na ravninu elipse (ekliptike) te je također posljedica

¹³Zemlja osim rotacije i revolucije izvodi još jedno gibanje, a to je precesija. Precesija je vrtnja Zemljine osi. Zemljina os u periodu od 25 800 godina opiše jedan plašt stošca. Taj period precesije je u astronomiji poznat kao Platonova godina. Zbog precesije mijenja se prividan položaj zvijezda stajačica i ostalih objekata na nebu. Primjerice, zbog precesije zvijezda Sjevernjača prestat će biti na sjeveru!

¹⁴Helijakalni izlasci Siriusa imaju veliku ulogu u datiranju događaja u Starom Egiptu i rekonstrukciji egipatskog kalendara. Ta je tema i dalje u žarištu znanstvene pozornosti, a preciznije se datiranje postiže astronomskim metodama, metodom datiranja ugljikom te matematičkim vjerojatnosnim modelima.

gibanja po elipsi. Uočiti će se da međusobni pomaci Sunca nisu ekvidistantni, navedeno je posljedica nejednolike brzine kruženja Zemlje. Naime kada je bliže Suncu, brzina je veća, a kada je udaljenija, brzina revolucije je manja.

Bez fotografskog aparata može se činiti sljedeće, već i u 5. razredu osnovne škole. Kroz jedan dulji period na otvorenom se mogu bilježiti mjesta izlazaka, odnosno zlazaka Sunca. Najlakše će se izvesti radom u paru, gdje jedan učenik uvijek neposredno uoči izlaska Sunca stoji na istom obilježenom mjestu i okrenut je prema Suncu, a drugi na približno zacrtanoj udaljenosti svakoga jutra stavi kamen na onom mjestu koji pokazuje smjer Sunca u odnosu na prvog učenika. Time bi se kroz dulji period vidjelo kako Sunce mijenja poziciju izlaska, „najljeviji” izlazak dogodio bi se za ljetnog suncostaja, „najdesniji” za zimskog suncostaja, a središnji položaj odgovarao bi ravnodnevnicama u ožujku i rujnu. Dakle, ukoliko odaberemo stavljati kamenje po školskom dvorištu u prosincu, postavljat ćemo ih nadesno dok se u jednom trenutku ne počnemo vraćati ulijevo. Znat ćemo da je najkraći dan iza nas!

Literatura:

1. Fix J.D.: *Astronomy: Journey to the Cosmic Frontier*. MacGrow-Hill, 2010.
2. Šikić Z.: *Knjiga o kalendarima*. Profil, Zagreb, 2001.
3. Abdel-Maksoud G., El-Shaieb M., El-Shemy H., Lightfoot D.: Pismo uredniku kao komentar *Radiocarbon-based Chronology of Ancient Egypt*. *Journal of Advanced Research*, Kairo, 6(3), 2015.
4. Schaeffer B.: *Heliacal Rise of Sirius and Ancient Egyptian Chronology*. *Journal for the History of Astronomy*, 31(2), 2000.
5. Robinson M.: *Ardua et Astra: On the Calculations of the Dates of the Rising and Setting of Stars*. *Classical Philology*, 2007.
6. Symons S.: *A Star's Year: the Annual Cycle in the Ancient Egyptian Year*. *Calendars and Years: Astronomy in Time of the Ancient World*, ed. J.M.Steel, Oxbow Books, 2007.

Izvori:

1. <http://www.ancient.eu/>
2. <http://www.egyptchronology.com/>
3. <http://www.ancientcartography.net>
4. <http://curious.astro.cornell.edu/our-solar-system/the-earth>
5. <http://www.abc.net.au/science/articles/2011/11/15/3364432.htm>
6. http://www.egyptchronology.com/uploads/2/6/9/4/26943741/ch_3_investigating_ancient_egyptian_calendars.pdf