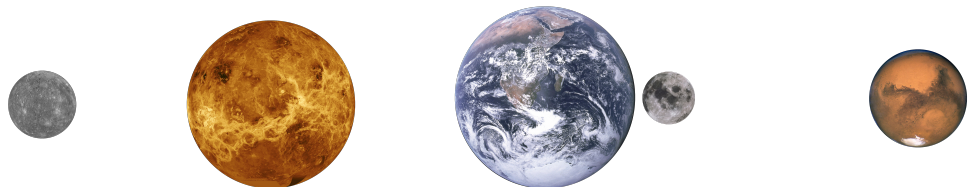


# Astronomski orientacijski pohod po okolici šole

Barbara Rovšek, Zavod Cosmolab in Pedagoška fakulteta, Univerza v Ljubljani



Modele notranjih planetov Osončja (**Merkur, Venero, Zemljo** in **Mars**; če je merilo primerno in odvisno od drugih okoliščin, lahko še Jupiter in Saturn) razporedimo po okolici šole, kot so trenutno razporejeni po Osončju. Dobimo model Osončja, pri katerem upoštevamo isto merilo za prikaz razdalj (oddaljenosti planetov od Sonca) in prikaz velikosti (premerov) planetov ter datum, ko izvedemo orientacijski pohod. Model je lahko tudi dinamični, če si za dejavnost izberemo dva dneva, ki sta nekako 14 dni narazen.

Najpomembnejša cilja dejavnosti, opisane v nadaljevanju, sta

1. razvijanje občutka za velikostne rede in razmerja med različnimi razdaljami in dolžinami v Osončju,
2. razvijanje občutka za razsežnost praznega prostora v Osončju in občutka za pritlikavost Zemlje, ko jo pogledamo iz Vesolja.

Pripomočki, ki jih potrebujemo:

- modeli notranjih planetov Osončja v izbranem merilu,
- model Sonca v istem merilu,
- stekleni kozarci za vlaganje s pokrovi,
- zemljevid bližnje okolice šole, ki vključuje območje, kjer smo razmestili planete,
- aplikacija za načrtovanje razmestitve planetov, izdelana z orodjem za dinamično geometrijo GeoGebra

*Dejavnost prilagodimo konkretnim ciljem ter starosti in sposobnosti učencev. Besedilo v nadaljevanju ni učna priprava, lahko pa služi kot osnova za pripravo lastne učne priprave.*

## Kako veliki so planeti v naravi in kako daleč od Sonca so?

V tabeli 1 so podatki o polmeru Sonca in planetov ter povprečnem polmeru njihovih tirnic okoli Sonca. Od krožnice znatno odstopa le tirnica Merkurja (izsrednost Merkurjeve eliptične tirnice je 0,2), ki jo za potrebe te dejavnosti **ne** zaokrožimo (a nam to ne zaplete dejavnosti).

Ker se polmeri planetov in polmeri tirnic med seboj razlikujejo za več velikostnih redov (koliko?), so redki modeli Osončja, ki pravilno prikazujejo vsa razmerja; razmerja med velikostmi planetov, razmerja med polmeri njihovih tirnic in še razmerje med polmerom planeta in polmerom njegove tirnice (samo dve razmerji sta neodvisni 😊). V našem modelu bo merilo (razmerje) isto in eno samo.

Tabela 1: Povprečni polmer Sonca in planetov Osončja ter povprečni polmer njihovih tirnic (vir: Wikipedia).

objekt	povprečni polmer		
	telesa	tirnice	
	[km]	[10 <sup>6</sup> km]	[a.e.]
Sonce ☉	0,6957 x 10 <sup>6</sup>		
Merkur ☿	2439,7 ± 1,0	57,9	0,3871
Venera ♀	6051,8 ± 1,0	108,2	0,7233
Zemlja ♂	6371,0	149,6	1,000
Mars ♂	3389,5 ± 0,2	227,9	1,524
Jupiter ♃	69 911	778,5	5,204
Saturn ♄	58 232	1433,5	9,583
Uran ♅	25 362	2871	19,19
Neptun ♆	24 622	4500	30,07

V nadaljevanju izberemo merilo, v katerem **razdaljo 1 a.e. (=149,6 x 10<sup>6</sup> km) v naravi prikažemo z razdaljo 100 m v modelu**. Seveda se lahko odločite tudi za drugačno merilo, a v tem primeru boste dolžine in razdalje morali preračunati sami.

## Model Osončja v izbranem merilu

V tabeli 2 so zapisani premeri modelov planetov in povprečni polmer tirnic v modelu z izbranim merilom, kjer 1 astronomski enoti ustreza 100 m.

Sonce je lahko velika pilates žoga, Merkur majhno zrno koriandra, Venera in Zemlja ne preveliki zrna čičerike, Mars zrno popra, Jupiter velika pomaranča itd. Če bo model Osončja vseboval le notranje planete, bo od Sonca najdlje - 152 m - Mars. Modeli za notranje planete Osončja so na sliki 1.



Slika 1: Modeli Merkurja, Venere, Zemlje in Marsa v izbranem merilu.

Tabela 2: Premer modelov Sonca in planetov Osončja ter povprečni polmer njihovih tirnic v istem (izbranem) merilu.

objekt	premer modela [cm]	polmer tirnice [m]
Sonce ☉	93	
Merkur ☿	0,33	38,7
Venera ♀	0,81	72,3
Zemlja ♂	0,85	100
Mars ♂	0,45	152
Jupiter ♃	9,3	520
Saturn ♄	7,8	958
Uran ♅	3,4	1919
Neptun ♆	3,3	3007

## Trenutne lege planetov

Denimo, da nameravamo dejavnost izvesti na točno določen dan, na primer 9. novembra 2024, okoli poldneva. Na spletu najdemo strani, ki navajajo podatke o trenutnih legah planetov, Sonca, časih vzida in zaida ter še mnogo drugih, ki jih potrebujemo, če načrtujemo opazovanja ali pa nas zanimajo kar tako. Stran, ki jo lahko uporabimo, je [Heavens-above](https://www.heavens-above.com/) (<https://www.heavens-above.com/>). Podatki s te strani, ki jih potrebujemo za organizacijo astronomskega orientacijskega pohoda, pa so na slikah 2 in 3.

### Sonce

Leto  Mesec  Dan  Čas

**Lega ob izbranem trenutku**

Kotna višina	72,5°
Azimut	192,9°
Rektascenzija	14 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> 6 <sup>s</sup>
Deklinacija	-16° 58' 40"
Oddaljenost (a.e.)	0,9904170
Ozvezdje	<a href="#">Tehtnica</a>

Slika 2: Podatki o trenutni legi Sonca v ekvatorskih koordinatah.

### Podatki o planetih

Leto  Mesec  Dan  Čas

	Merkur	Venera	Mars	Jupiter	Saturn	Uran	Neptun
Rektascenzija	16 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> 46,8 <sup>s</sup>	17 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> 29,6 <sup>s</sup>	8 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 58,5 <sup>s</sup>	5 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 7,6 <sup>s</sup>	22 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 16,5 <sup>s</sup>	3 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 42,8 <sup>s</sup>	23 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> 6,1 <sup>s</sup>
Deklinacija	-24° 15' 32"	-25° 29' 6"	21° 29' 53"	22° 18' 9"	-8° 52' 21"	18° 48' 22"	-2° 23' 55"
Oddaljenost (a.e.)	1,148	1,120	0,957	4,200	9,184	18,581	29,253
Elongation from Sun	21,5°	39,8°	105,9°	147,8°	115,1°	172,0°	129,8°
Navidezni sij	-0,2	-3,9	-0,1	-2,6	0,9	5,6	7,8
Equatorial Diameter	5,86"	14,90"	9,79"	46,94"	18,10"	3,79"	2,33"
Phase Angle	58,1°	60,5°	37,8°	6,0°	5,3°	0,4°	1,5°
Ozvezdje	<a href="#">Kačenosec</a>	<a href="#">Strelec</a>	<a href="#">Rak</a>	<a href="#">Bik</a>	<a href="#">Vodnar</a>	<a href="#">Bik</a>	<a href="#">Ribi</a>

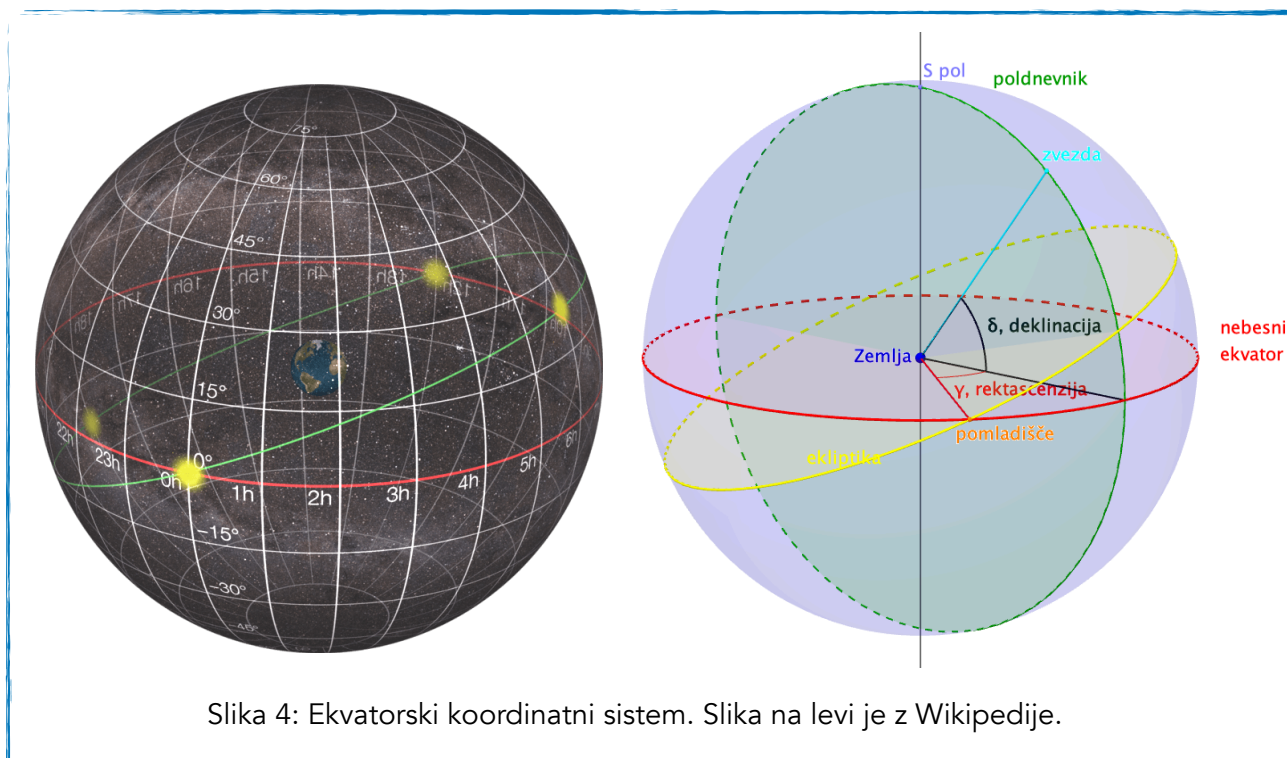
Slika 3: Podatki o trenutni legi planetov v ekvatorskih koordinatah.

## Koordinate, ekvatorske in ekliptične

Lego Sonca, planetov, zvezd in ostalih objektov na nebesni krogli (na nebu) opišemo z nebesnimi koordinatami. Pri tem imamo več možnosti, kako izberemo koordinatni sistem.

**Ekvatorski koordinatni sistem (KS)**, prikazan na sliki 4, je sferični KS, ki ima za referenco Zemljino vrtilno os, ki je pravokotna na ekvatorsko ravnino tega KS (ki je ravnina, ki tudi Zemljo prereže po ekvatorju). Zemlja se v tem sistemu vrti, zvezde pa imajo v njem nespremenljive lege (koordinate). Presečišče ekvatorske ravnine z nebesno kroglo je nebesni ekvator. Kotni odmik od ekvatorja vzdolž poldnevnikarja je *deklinacija* (ki ustreza geografski širini). Druga kotna koordinata je *rektascenzija*, ki meri kot loka (preveden v čas, 15° ustreza 1 uri) na nebesnem ekvatorju v smeri nasprotni smeri urinega kazalca, od točke *pomladišča* do presečišča poldnevnikarja z ekvatorjem. Pomladišče je spomladansko presečišče nebesnega ekvatorja in ekliptike. Rektascenzija ustreza geografski dolžini. Lega zvezd se v ekvatorskem KS ne spreminja (veliko) s časom, ker so zelo daleč od Osončja. Planeti Osončja so blizu Zemlje, zato njihovo lastno gibanje in gibanje Zemlje (okoli Sonca) povzroči spreminjanje njihovih ekvatorskih (in tudi drugih) koordinat.

Pri orientaciji na nebu se začetniki najlažje najdemo, če so lege teles na nebu podane z ekvatorskimi koordinatami. Tudi zvezdne karte prikazujejo lege zvezd v ekvatorskem KS.



Podatki o trenutnih legah Sonca in planetov so v tabelah na slikah 2 in 3 podani v ekvatorskih koordinatah.

Zemlja pa kroži okoli Sonca v ravnini ekliptike, ki je za  $23,4^\circ$  nagnjena glede na ekvatorsko ravnino. Ravnine, v katerih okoli Sonca krožijo ostali planeti, so le malo nagnjene glede na ekliptiko (Merkur =  $7,0^\circ$ , Venera  $3,4^\circ$ , Mars  $1,85^\circ$ , Jupiter  $1,3^\circ$ , Saturn  $2,5^\circ$ , Uran  $0,8^\circ$  in Neptun  $1,8^\circ$ ). V modelu Osončja bo ravnino ekliptike predstavljala horizontalna ravnina v okolici šole. Odmikov drugih planetov od ekliptike ne upoštevamo; njihove trenutne lege, zapisane v ekvatorskih koordinatah, projiciramo na ravnino ekliptike (vodoravno ravnino, na kateri stoji šola).

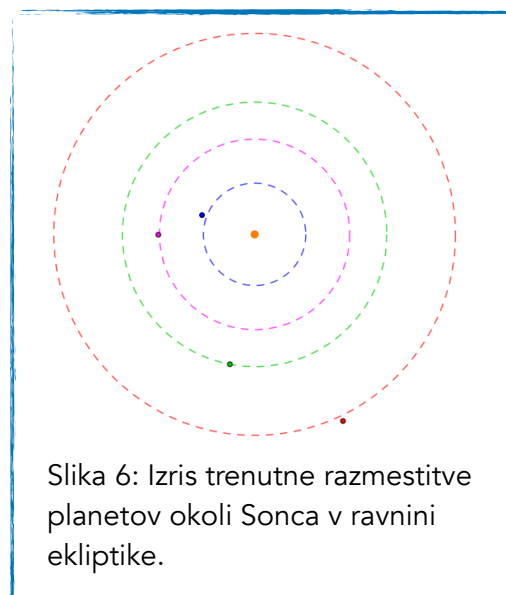
Koordinate lege planetov (podanih v tabelah na slikah 2 in 3) transformiramo iz ekvatorskega v **heliocentrični ekliptični koordinatni sistem**. Ekliptični KS je sferični KS, kjer lego telesa opišemo z oddaljenostjo od središča KS (Sonca) in dvema kotoma, širino (kotni odmik od ekliptične ravnine) in dolžino (podobno kot pri ekvatorskem KS je to kotni odmik od pomladišča). Enačbe, s katerimi izračunamo koordinate v enem KS iz koordinat v drugem KS so zapletene; da se ne zamujamo z matematično-tehničnimi podrobnostmi sferne geometrije smo za vas izdelali pripomoček, ki vsebuje vse te enačbe in planete po ravnini ekliptike razmesti avtomatično.

## Pripomoček, izdelan z GeoGebra orodjem

Podatke o koordinatah trenutnih leg Sonca in planetov v ekvatorskem KS vnesemo v razpredelnico (prikazano na sliki 5) v GeoGebra pripomočku za transformacijo v ekliptične koordinate, projekcijo na ekliptično ravnino in razmestitev planetov okoli Sonca v ekliptični ravnini. Pripomoček je na naslovu <https://www.geogebra.org/m/mpm8evk8>. V grafičnem polju pripomočka se izrišejo trenutne lege notranjih planetov (in Jupitra, če želimo), ki ne ležijo vsi na svoji povprečni tirnici (so pa v njeni bližini), kot je prikazano na sliki 6.

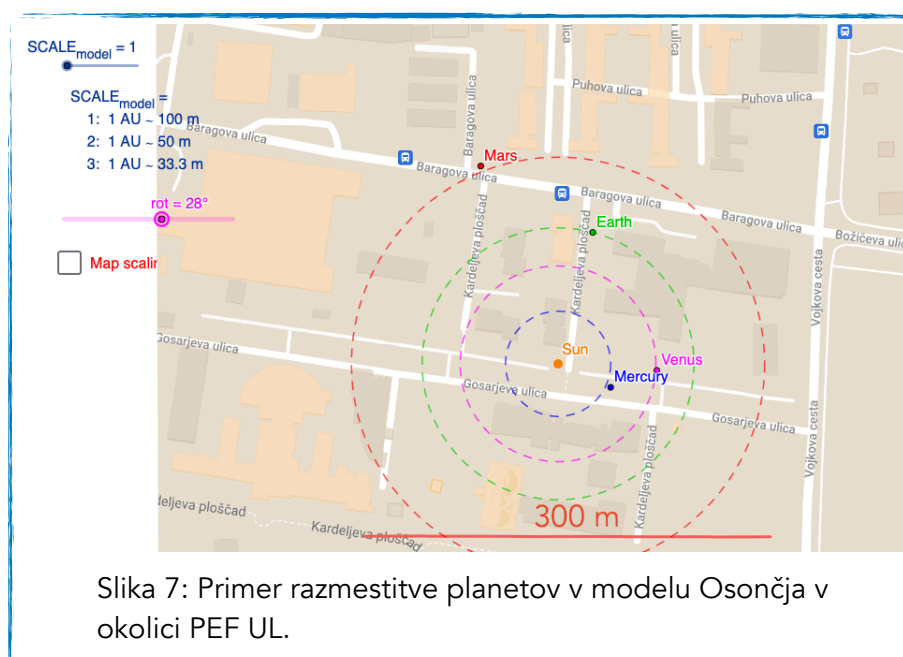
▼ Spreadsheet					
	Sun	Mercury	Venus	Mars	Jupiter
RA - h	14	16	17	8	0
RA - min	59	25	46	15	6
RA - sec	6	47	30	58	31.2
DEC - deg	-16	-24	-25	21	-1
DEC - min	58	15	29	29	2
DEC - sec	40	32	6	53	33
range - AU	0.99	1.148	1.12	0.957	4.005

Slika 5: Podatki o trenutni legi Sonca in planetov v **ekvatorskih koordinatah**, vstavljenih v GeoGebra pripomoček za izris trenutne razmestitve planetov okoli Sonca v ravnini ekliptike.



V pripomoček uvozimo še sliko iz zemljevidov (ali posnetek zaslona), na kateri je karta bližnje okolice šole. Velikost slike prilagodimo, da se merilo na zemljevidu ujema z merilom izrisa postavitve planetov. (Merjenje razdalje je mogoče v Google zemljevidih.) Na zemljevidu najprej izberemo pozicijo Sonca, potem pa postavitev planetov poljubno zasukamo, da ne postavimo slučajno katerega od planetov na sredo ceste ali streho bližnje stanovanjske hiše.

Primer razmestitve planetov v modelu Osončja v okolici Pedagoške fakultete v Ljubljani prikazuje slika 7. Upoštevano je merilo, v katerem razdalji 1 a.e. ustreza 100 m.



## Kako naprej?

Modele planetov (zrno koriandra, 2 zrna čičerike in zrno popra) zapremo vsakega posebej v večji steklen kozarec (ali v neko drugo škatlo), kot prikazuje slika 8. Kozarec označimo s sličico planeta, katerega model vsebuje.

V kozarcu je še prostor in zato lahko vanj dodamo še kaj, npr. list z zapisom značilnosti planeta in nekaterih zanimivih dejstev, povezanih s planetom, ali astronomsko uganko, vprašanja o planetu ali kaj tretjega.

Kozarce z modeli planetov (ki bi se izgubili, če jih ne bi zaprli v večje kozarce) razmestimo po svojem načrtu okoli šole (slika 9). Kjer smo si zamislili lego Sonca, postavimo veliko napihljivo telovadno žogo, ki naj ima premer čim bližje 93 cm.

Začetek orientacijskega pohoda je lahko pri Soncu. Učencem razdelimo vsakemu svoj

- A) zemljevid bližnje okolice šole (le posnetek zaslona oziroma sliko iz zemljevidov, brez vrisanih leg planetov), in
- B) na listu papirja izrisane lege planetov (kot na sliki 5), pri čemer je cel sestav planetov poljubno zavrten okoli Sonca,
- C) geotrikotnik,
- D) merilo.

Od tu naprej je možnih poti več, nekatere so zavite in zvite, druge pa bolj ravne in hitre. Odločimo se, katere namige damo svojim učencem, kar je odvisno od starosti in sposobnosti učencev in časa, ki ga imamo na voljo. Predlagamo, da učenci iščejo planete v dvojicah ali trojkah. Lahko organizirate celo manjšo orientacijsko tekmo. Če planete iščejo v skupinah, lahko na morebitno zmago vpliva tudi dobra organizacija in razdelitev nalog znotraj skupine.

## Različica 1

### Od Sonca učence usmerimo proti Merkurju.

Hodijo v smeri proti Merkurju in ga poiščejo. Lego Merkurja vrišejo na zemljevid okolice šole, kolikor natančno lahko. Potem približno izmerijo razdaljo med Soncem in Merkurjem v modelu (to lahko storijo tako, da štejejo svoje korake in izmerijo, kako dolgi so, ali z merilnim kolesom, ali pa s kolesom, ki ima nameščen merilnik prevožene poti. Iz te razdalje lahko določijo merilo zemljevida okolice šole in tudi merilo, v katerem je postavljen model Osončja. Ker vedo, kje je Sonce, in ker vedo, kje je Merkur, lahko na zemljevid okolice iz sheme postavitve planetov (ko izmerijo kote in razdalje) vrišejo še predvidene lege ostalih planetov. Potem jih še poiščejo.



Slika 8: Modeli planetov v steklenih kozarcih.



Slika 9: Venera na svojem mestu.

## Različica 2

### Učencem povemo merilo, v katerem je postavljen model Osončja.

Ko vedo merilo modela, lahko ugotovijo, kako daleč od Sonca so planeti, ne vedo pa, v kateri smeri so. Najlažje bodo našli planet, ki je najbližje Soncu, torej Merkur. Merkur je malo manj kot 40 m od Sonca; naredijo obhod okoli Sonca po krožnici s polmerom malo manj kot 40 m in poiščejo Merkur. Nadaljevanje je enako kot pri različici 1.

## Različica 3

### Učencem zastavimo 3 naloge izbirnega tipa. Pravilni odgovor pri vsaki nalogi jim da podatek o modelu.

Podatki o modelu so

- A) kje je Sonce,
- B) v katerem merilu je model Osončja (ali/in zemljevid bližnje okolice),
- C) v kateri smeri je Merkur.

Nepravilni odgovori jim dajo napačne podatke; če se odpravijo na napačen kraj, bodo hitro ugotovili, da tam Sonca ni. Pri napačnih podatkih ne pretiravajmo, ampak dajmo učencem možnost, da izberejo drugega in jim ne zmanjka časa z breplodnim tavanjem okoli šole. Nič nam ne brani, da niso nekateri podatki tudi očitno napačni (npr., Sonce je pod ravnateljevo mizo).

## Ko so vsi planeti najdeni

Kje so danes planeti, ko smo obrnjeni proti njim, in smo na Zemlji? Jih lahko opazujemo na nebu? Smo, ko jih opazujemo, obrnjeni stran od Sonca? To se pri notranjih planetih, kjer je Zemlja 3. po oddaljenosti od Sonca, lahko primeri le z Marsom. S križno palico lahko poskusimo izmeriti kotno razdaljo med Soncem in Merkurjem (Venero).

## Epilog

Planeti v Osončju ne mirujejo, ampak potujejo po svojih tirnicah okoli Sonca. Dva tedna po tistem, ko so učenci iskali planete, jih lahko poskusijo poiskati ponovno. Vmes se je spremenila njihova lega. Merila in orientacije modela Osončja glede na okolico šole ne spreminjamo; samo planete prenesemo na njihove posodobljene lokacije. Učenci lahko, po svojih zemljevidih in shemi leg planetov, sami ugotovijo, kje naj tokrat iščejo planete. Izmerijo naj, koliko so se premaknili in preverijo, ali ob upoštevanju merila modela ti premiki ustrezajo dejanskim premikom planetov v naravi.

## Cilji

Z astronomskim orientacijskim pohodom (kot z večino drugih dejavnosti, pri katerih zaposlimo tudi roke in noge) zasledujemo preprosto maksimo, da se najbolje naučimo, če naredimo, in se pri tem tudi gibljemo (vsaj nekateri, takoimenovani kinestetični tipi učečih se). Pri tej dejavnosti ne manjka le gibanja; zaposleni so tudi drugi čuti učencev (predvsem vid) in njihove sive celice, ko preračunavajo merila, merijo in prenašajo kote s skice postavitve planetov v okolico šole.

Pomembni cilji, ki jih dosegajo, so

1. ozaveščanje velikosti (majhnosti) planetov v Osončju glede na Sonce in glede na razdalje med telesi;
2. ozaveščanje, da je v Osončju (in Vesolju) pretežno prazen prazen prostor,
3. zavedanje, da se planeti gibljejo in se njihove lege v Osončju spreminjajo, zato jih ne vidimo vedno na istem delu neba.

## Več

Astronomski orientacijski pohod je že večkrat preizkušen in opisan tudi v članku *Outdoor Science Activity: "Orienteering" Walk Through the Solar System* v ameriški reviji za učitelje fizike The Physics Teacher, vol. 62, šteilka 6, strani 451-454 (september 2024).