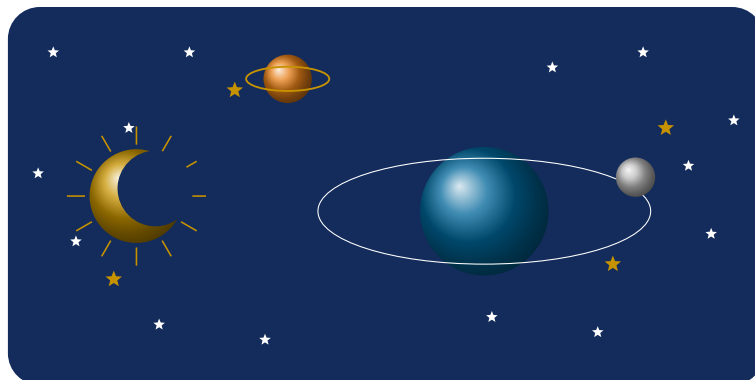




ASTRONOMIJA

putovanje se nastavlja

6. razred osnovne škole

Skripta za pripremu natjecanja

Tri razine natjecanja:

I. Školska • II. županijska • III. državna

Svaka je razina podijeljena u poglavlja s objašnjenjima, slikama, zanimljivostima i pitanjima za ponavljanje. Odgovori na sva pitanja nalaze se na kraju skripte.

Putovanje se nastavlja!

Dobro došao natrag u svemir! Ako si lani već zavirio u astronomiju, mnogo toga što slijedi bit će ti poznato — ali sad idemo korak dalje. Naučit ćeš *zašto* se događaju pomrčine, prepoznat ćeš najsjajnije zvijezde zimskoga neba po imenu, pratit ćeš kako planeti polako „lutaju” među zvijezdama i saznati zašto neke zvijezde samo *izgledaju* sjajne, a zapravo to nisu. Astronomija je znanost u kojoj se najljepše stvari vide vlastitim očima — zato ova skripta nije samo za čitanje, nego i za gledanje u nebo.

Gradivo je, kao i samo natjecanje, podijeljeno u tri **razine**, redom prema težini:

- **Školska razina** – Zemlja u Sunčevu sustavu i pomrčine, snalaženje na zimskom nebu te osnovni podaci o Suncu i planetima.
- **Županijska razina** – prividno gibanje planeta: zašto se planeti pomiču među zvijezdama i kako ih razlikovati od zvijezda.
- **Državna razina** – sjaj zvijezda (prividni i apsolutni) te međusobni položaji planeta na nebu.

U svakom ćeš poglavlju nailaziti na obojene okvire koji ti pomažu da brzo prepoznaš što je važno:

- **Definicija** važan pojam koji treba zapamtiti.
- **Riješeni primjer** proveden zadatak — najprije pokušaj sam, pa provjeri!
- **Zanimljivost** nešto čudesno ili smiješno iz svijeta astronomije.
- **Zadatci** pitanja na kraju poglavlja; odgovori su na kraju skripte.

Savjet za učenje: izađi van za vedre noći, daleko od gradskih svjetala, i potraži ono o čemu čitaš. Pronađi Orion i njegove tri zvijezde u pojasu, uoč razliku u boji između Betelgeza i Rigela, prati kako se Mjesec iz noći u noć mijenja. Ono što jednom vidiš vlastitim očima, ostaje s tobom zauvijek.

Brojevi za podsjetnik

Koliko planeta ima Sunčev sustav?	8
Koja je zvijezda nama najbliža?	Sunce
Koliko je Sunce daleko od Zemlje?	oko 150 milijuna km
Koliko Zemlji treba za okret oko osi?	1 dan ($\approx$ 24 sata)
Koliko Zemlji treba za obilazak Sunca?	1 godina ($\approx$ 365 dana)
Koliko Mjesecu treba da obiđe Zemlju?	oko 27–29 dana
Koja je najsjajnija zvijezda noćnoga neba?	Sirius
Koliko je staro Sunce?	oko 4,6 milijardi godina

Sadržaj

I	Školska razina	3
1	Zemlja u Sunčevu sustavu	5
1.1	Naš dom: treći planet od Sunca	5
1.2	Sustav Sunce–Zemlja–Mjesec	5
1.3	Mjesečeve mijene — podsjetnik	5
1.4	Pomrčina Sunca	5
1.5	Pomrčina Mjeseca	7
2	Astrognozija — zimsko nebo	9
2.1	Snalaženje na nebu: kratak podsjetnik	9
2.2	Orion — kralj zimskoga neba	9
2.3	Zimski šesterokut i Sirius	10
2.3.1	Najsjajnije zvijezde zimskoga neba	10
3	Osnovni podaci o svemirskim tijelima	12
3.1	Sunce — naša zvijezda	12
3.2	Osam planeta i njihov red	13
3.2.1	Osnovni podaci o planetima	13
II	Županijska razina	15
4	Prividno gibanje planeta	17
4.1	Planeti — „lutalice” među zvijezdama	17
4.2	Ekliptika — staza po kojoj putuju	17
4.3	Petljasto (retrogradno) gibanje	17
4.3.1	Zašto se to događa: utrka oko Sunca	18
4.4	Kako razlikovati planet od zvijezde?	18
III	Državna razina	20
5	Sjaj zvijezda: prividni i apsolutni	22
5.1	Zvezdana veličina (magnituda)	22
5.2	Prividni (relativni) sjaj	23
5.3	Apsolutni sjaj	23
6	Međusobni položaj planeta	25
6.1	Unutarnji i vanjski planeti	25
6.2	Elongacija — razmak planeta od Sunca na nebu	25
6.3	Konjunkcija i opozicija	25
6.4	Kada planet najbolje promatrati?	25

Rješenja zadataka **28****Rješenja zadataka** **29**

Poglavlje 1 — Zemlja u Sunčevu sustavu	29
Poglavlje 2 — Astrognozija (zimsko nebo)	29
Poglavlje 3 — Osnovni podaci o svemirskim tijelima	30
Poglavlje 4 — Prividno gibanje planeta	30
Poglavlje 5 — Sjaj zvijezda: prividni i apsolutni	31
Poglavlje 6 — Međusobni položaj planeta	31

Dio I

Školska razina

Na školskoj razini upoznajemo svoj kozmički dom. Vidjet ćemo kako Zemlja, Mjesec i Sunce zajedno plešu i zašto nam ponekad prirede pomrčinu, naučit ćemo prepoznati najljepša zvijezda i najsajnije zvijezde zimskoga neba te sakupiti osnovne podatke o Suncu i osam planeta.

1 | Zemlja u Sunčevu sustavu

Naša je Zemlja jedan od osam planeta koji kruže oko Sunca. Nije ni najveći ni najmanji, ni najbliži ni najdalji — ali je jedini za koji znamo da na njemu ima života. U ovom poglavlju pogledat ćemo gdje se Zemlja nalazi, kako je povezana sa Suncem i Mjesecom te što se događa kad se to troje poslože u ravnu crtu — nastaje **pomrčina**.

1.1 Naš dom: treći planet od Sunca

Zemlja je **treći planet** po redu od Sunca, odmah iza Merkura i Venere. Od Sunca je udaljena oko **150 milijuna kilometara** — toliko da svjetlosti, najbržoj stvari u svemiru, treba oko *8 minuta* da od Sunca stigne do nas.

Zemlja se, kao i lani, giba na dva načina istodobno:

Dva gibanja Zemlje

Rotacija — vrtnja oko vlastite osi; jedan okret traje ≈ 24 sata (*dan i noć*).

Revolucija — kruženje oko Sunca; jedan obilazak traje ≈ 365 dana (*godina*).

Zašto je baš Zemlja pogodna za život?

Zemlja se nalazi u takozvanoj *naseljivoj zoni* — nije ni prevruća (poput Merkura i Venere) ni prehladna (poput vanjskih planeta). Zbog te „taman prave” udaljenosti od Sunca na Zemlji može postojati **tekuća voda**, a voda je potrebna za život kakav poznajemo. Zato astronomi i kod drugih zvijezda traže planete na sličnoj udaljenosti.

1.2 Sustav Sunce–Zemlja–Mjesec

Zemlja nije sama: prati je **Mjesec**, njezin jedini prirodni pratitelj (satelit). Mjesec kruži oko Zemlje, a Zemlja sa svojim Mjesecom zajedno kruži oko Sunca. To troje — Sunce, Zemlja i Mjesec — čine sustav koji stvara mnoge pojave na našem nebu: dan i noć, mjesečeve mijene, plimu i oseku te, najrjeđe i najljepše, pomrčine.

Satelit (mjesec)

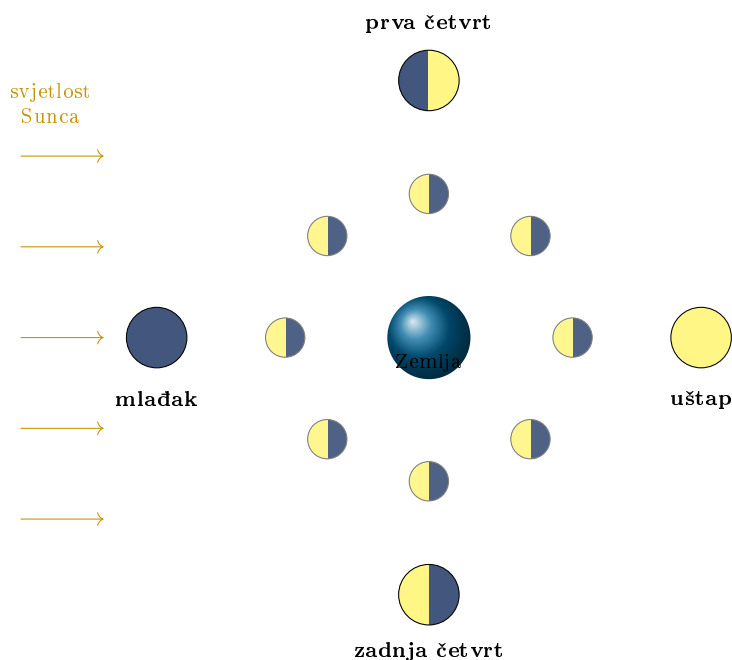
Satelit ili **mjesec** je tijelo koje kruži oko planeta. Naš Mjesec ne svijetli sam — vidimo ga samo zato što ga obasjava Sunce, baš kao i planete.

1.3 Mjesečeve mijene — podsjetnik

Da bismo razumjeli pomrčine, najprije se moramo sjetiti **mjesečevih mijena**. Sunce uvijek obasjava točno polovicu Mjeseca. Kako Mjesec kruži oko Zemlje, s nje vidimo različito velik dio te osvijetljene polovice — pa nam se Mjesec čini čas kao tanki srp, čas kao puni krug.

1.4 Pomrčina Sunca

Ponekad se Sunce, Zemlja i Mjesec poslože u (gotovo) ravnu crtu. Tada nastaju **pomrčine** (ili eklipse). Sve počiva na jednoj jednostavnoj činjenici: *svako neprozirno tijelo na svjetlu baca sjenu*. Mjesec i Zemlja na Sunčevu svjetlu bacaju duge sjene u svemir — a kad jedno tijelo upadne u sjenu drugoga, gledamo pomrčinu.

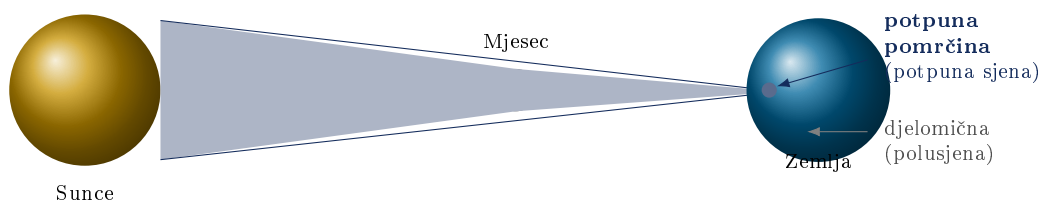


Slika 1.1: Mjesečeve mijene. Sunce (lijevo) obasjava polovicu Mjeseca. Kad je Mjesec *između* nas i Sunca, ne vidimo osvijetljenu stranu — to je **mlađak**. Kad je nasuprot Suncu, vidimo cijeli osvijetljeni krug — to je **uštáp**. Cijeli krug mijena traje oko 29 i pol dana. Zapamti dva ključna položaja — mlađak i uštáp — jer se baš pri njima događaju pomrčine!

Pomrčina Sunca

Pomrčina Sunca događa se kad se *Mjesec nađe između Sunca i Zemlje* i svojom sjenom zakloni Sunce. Tada usred dana padne mrak na onaj dio Zemlje koji je u Mjesečevoj sjeni. Događa se isključivo za **mlađaka**.

Mjesečeva sjena ima dva dijela. U najtamnijem, središnjem dijelu (**potpunoj sjeni**) Sunce je posve zaklonjeno — tko je ondje, vidi *potpunu* pomrčinu. Oko nje je svjetlija **polusjena**, gdje je Sunce zaklonjeno samo djelomično — ondje se vidi *djelomična* pomrčina.



Slika 1.2: Pomrčina Sunca. Mjesec se nađe između Sunca i Zemlje i baca sjenu na nju. U uskom pojasu *potpune sjene* Sunce je posve zaklonjeno (potpuna pomrčina); oko njega, u *polusjeni*, Sunce je zaklonjeno tek dijelom (djelomična pomrčina). Mjesečeva potpuna sjena na Zemlji je vrlo mala mrlja — zato potpunu pomrčinu istodobno vidi samo malen dio svijeta.

Sretna podudarnost

Sunce je oko 400 puta veće od Mjeseca, ali je i oko 400 puta dalje od nas — pa nam na nebu izgledaju *gotovo jednako veliki*! Baš zbog te slučajnosti Mjesec za pomrčine može točno prekriti Sunčev kolut. Da je Mjesec malo manji ili malo dalji, potpune pomrčine Sunca nikad

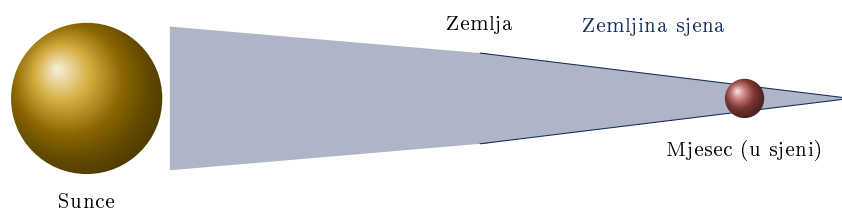
ne bismo vidjeli. Mi živimo u pravo vrijeme da uživamo u tom prizoru.

1.5 Pomrčina Mjeseca

Pola mjeseca poslije mlađaka dolazi uštap — i tada se Sunce, Zemlja i Mjesec mogu poslagati u drugom redoslijedu: *Zemlja u sredini*. Tada Zemljina sjena padne na Mjesec.

Pomrčina Mjeseca

Pomrčina Mjeseca događa se kad se *Zemlja nađe između Sunca i Mjeseca*, pa Mjesec uđe u Zemljinu sjenu i potamni. Događa se isključivo za **uštapa**.



Slika 1.3: Pomrčina Mjeseca. Zemlja se nađe između Sunca i Mjeseca i baca dugu sjenu u svemir. Kad Mjesec uđe u tu sjenu, prestaje ga obasjavati izravna Sunčeva svjetlost pa potamni i pocrveni. Za razliku od pomrčine Sunca, pomrčinu Mjeseca istodobno vidi *cijela noćna strana Zemlje* — jer svi gledaju isti zamračeni Mjesec.

Krvavi Mjesec

Tijekom potpune pomrčine Mjesec ne postane crn, nego poprimi tamnocrvenu boju — zato ga zovu **krvavi Mjesec**. Zašto crven? Dio Sunčeve svjetlosti probije se kroz Zemljinu atmosferu, koja propušta uglavnom crvene zrake (iz istog razloga zalazak Sunca je crven), i te crvene zrake obasjaju Mjesec. Zapravo na Mjesec tada padaju svjetla svih izlazaka i zalazaka Sunca na Zemlji odjednom!

Dvije pomrčine — tko je u sredini?

Pomrčina Sunca — u sredini je **Mjesec** (Sunce–Mjesec–Zemlja); događa se za *mladaka*; vidi je malen dio Zemlje.

Pomrčina Mjeseca — u sredini je **Zemlja** (Sunce–Zemlja–Mjesec); događa se za *uštapa*; vidi je cijela noćna strana Zemlje.

Zašto ne vidimo pomrčinu svakog mjeseca?

Mlađak i uštap događaju se svakoga mjeseca, pa bi se moglo činiti da bi i pomrčine trebale biti svaki mjesec. No Mjesečeva je staza malo nagnuta u odnosu na Zemljinu, pa Mjesec obično prođe malo iznad ili malo ispod Sunčeve (odnosno Zemljine) sjene i promaši je. Samo nekoliko puta godišnje sve se savršeno poklopi — i tada dobijemo pomrčinu.

Primjer 1.1

Tijekom jedne pomrčine cijela država u nekoliko minuta utone u sumrak usred bijela dana, a ptice odu na spavanje. O kojoj je pomrčini riječ i u kojoj je mjesečevoj mijeni Mjesec?

Rješenje: riječ je o **pomrčini Sunca** — jedino ona zamrači dan jer Mjesec zakloni Sunce. Pomrčina Sunca događa se za **mlađaka** (Mjesec je između Zemlje i Sunca).

Pitanja i zadaci za ponavljanje

1. Koji je Zemlja planet po redu od Sunca? Otprilike koliko je daleko od Sunca?
2. Koliko svjetlosti treba da od Sunca stigne do Zemlje?
3. Što je satelit (mjesec)? Svijetli li naš Mjesec sam?
4. Zašto se mijenja izgled Mjeseca tijekom mjeseca? Kako se ta dva ključna položaja zovu?
5. Što je pomrčina Sunca? Tko se nalazi u sredini i u kojoj je mijeni tada Mjesec?
6. Po čemu se razlikuju potpuna i djelomična pomrčina Sunca? Što je potpuna sjena, a što polusjena?
7. Što je pomrčina Mjeseca? Tko je u sredini i u kojoj je mijeni tada Mjesec?
8. Zašto za vrijeme potpune pomrčine Mjesec pocrveni („krvavi Mjesec“)?
9. Zašto pomrčine ne vidimo svakog mjeseca, iako mlađak i uštap dolaze svaki mjesec?
10. (*Razmisli*) Pomrčinu Mjeseca istodobno vidi pola svijeta, a potpunu pomrčinu Sunca samo uski pojas. Možeš li objasniti zašto, koristeći se slikama sjena?

2 | Astrognozija — zimsko nebo

Astrognozija je vještina prepoznavanja zvijezda i snalaženja na noćnom nebu. Zimsko je nebo za to najzahvalnije u cijeloj godini: za hladnih, vedrih noći nad nama blistaju neke od najsajnijih zvijezda i najljepših zvijezda. U ovom ćeš poglavlju upoznati Orion — kralja zimskoga neba — i šest sjajnih zvijezda koje oko njega tvore Zimski šesterokut.

2.1 Snalaženje na nebu: kratak podsjetnik

Zvijezde

Zvijezde je skupina zvijezda koje na nebu tvore prepoznatljiv lik (npr. lovca ili kola). Zvijezde istog zvijezda najčešće *nisu* blizu jedna drugoj u svemiru — samo nam se tako čini jer ih gledamo iz istog smjera. Cijelo je nebo podijeljeno na 88 zvijezda.

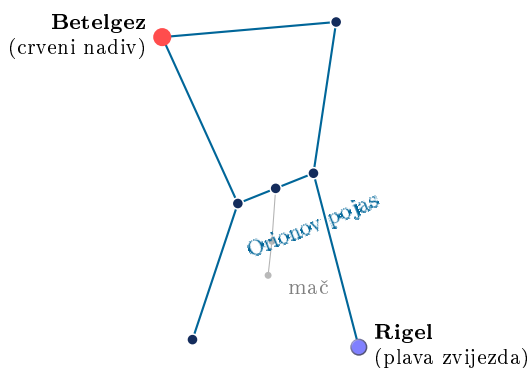
Za snalaženje uvijek prvo potraži **Sjevernjaču** (Polaris) — zvijezdu koja gotovo ne mijenja položaj i uvijek pokazuje smjer sjevera. Pronaći ćeš je pomoću zvijezda Veliki medvjed: kroz dvije „prednje” zvijezde njegovih Velikih kola povučesh zamišljenu crtu prema gore i ona te dovede ravno do Sjevernjače. Kad znaš gdje je sjever, lako je naći sve ostalo.

Slika koja spaja tisućljeća

Mnoga su zvijezda dobila imena prije više od 3000 godina, u starom Babilonu i Grčkoj. Kad večeras pronađeš Orion, gledaš isti raspored zvijezda koji su gledali i drevni narodi. Zvijezde se gibaju tako sporo da se likovi zvijezda gotovo nisu promijenili otkad ih je čovjek prvi put nacrtao na nebu.

2.2 Orion — kralj zimskoga neba

Najljepše zvijezde zimskoga neba jest **Orion**, nazvan po lovcu iz grčkih mitova. Najlakše ga je prepoznati po trima jednako sjajnim zvijezdama poredanima u kratak niz — to je *Orionov pojas*. Jednom kad upamtiš pojas, Orion ćeš na zimskom nebu uočiti u trenu.



Slika 2.1: Zvijezde Orion. Tri zvijezde u nizu u sredini čine *Orionov pojas* — po njemu se Orion najlakše prepoznaje. Gore lijevo blista crvenkasta **Betelgez**, a dolje desno plavkasti **Rigel**. Razliku u boji možeš uočiti i golim okom!

Orion sadrži dvije od najpoznatijih zvijezda cijeloga neba, a one su k tome različitih boja — što nam odmah otkriva nešto važno.

Boja zvijezde otkriva njezinu temperaturu

Crvene zvijezde su *hladnije*; **žute** su *umjerene* (poput Sunca); **plavo-bijele** su *najvruće*.

Betelgez je crvena — dakle hladnija (ali golema; da je na Sunčevu mjestu, progutala bi i Zemlju!).

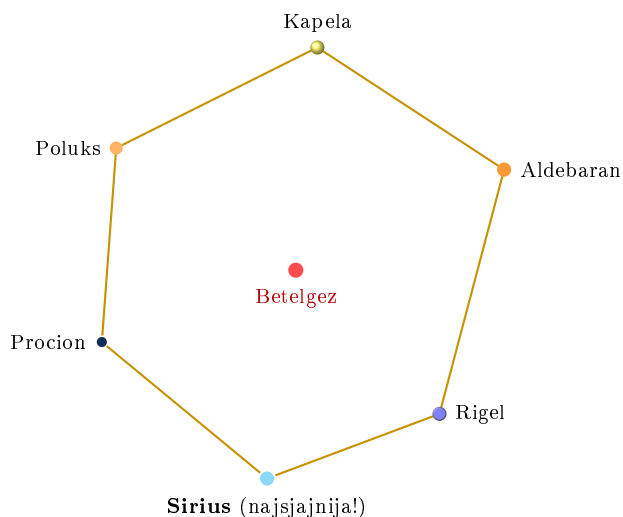
Rigel je plavo-bijela — dakle vrlo vruća.

Betelgez — div koji će jednoga dana eksplodirati

Betelgez je takozvani *crveni nadiv* — toliko golema zvijezda da bismo unutar nje mogli smjestiti više stotina milijuna naših Sunaca. Tako velike zvijezde žive kratko i na kraju života eksplodiraju kao **supernova**. Betelgez je već u poznim godinama; kad jednom eksplodira, na zemaljskom nebu zasjat će tako jako da će se vidjeti i danju! Nitko ne zna hoće li to biti za tisuću ili za milijun godina.

2.3 Zimski šesterokut i Sirius

Oko Oriona, za vedrih zimskih noći, blista još nekoliko vrlo sjajnih zvijezda. Spojimo li šest najsjaajnijih, dobivamo velik lik — **Zimski šesterokut**. To je odličan „putokaz” za snalaženje na zimskom nebu, a u njegovu se središtu nalazi crvena Betelgez.



Slika 2.2: Zimski šesterokut. Šest sjajnih zvijezda — Kapela, Aldebaran, Rigel, Sirius, Procion i Poluks — tvore velik šesterokut, a crvena Betelgez gotovo je u njegovu središtu. **Sirius** je najsjaajnija zvijezda cijeloga noćnog neba. Ovaj je lik vidljiv samo zimi.

2.3.1 Najsjaajnije zvijezde zimskoga neba

Evo zvijezda koje ćeš najlakše uočiti i koje vrijedi znati po imenu, boji i zviježđu kojemu pripadaju:

Sirius — zvijezda koja je najavljivala poplave

Sirius je najsjaajnija zvijezda noćnoga neba. Stari su ga Egipćani toliko voljeli da su po njemu udešavali kalendar: kad bi se Sirius nakon dugog izbijanja prvi put ujutro pojavio na nebu, znali su da uskoro dolazi godišnja poplava rijeke Nil — najvažniji događaj u godini, koji je natapao njihova polja. Jedna je zvijezda tako upravljala životom cijele civilizacije!

Zvijezda	Boja	Zviježđe	Po čemu se pamti
Sirius	bijelo-plava	Veliki pas	najsajjnija zvijezda noćnog neba
Kapela	žuta	Kočijaš	visoko, gotovo iznad glave zimi
Rigel	plavo-bijela	Orion	vruća zvijezda, „noga” Oriona
Procion	bijelo-žuta	Mali pas	blizu Siriusa
Betelgez	crvena	Orion	crveni nadv, „rame” Oriona
Aldebaran	narančasta	Bik	„oko” bika
Poluks	narančasta	Blizanci	jedan od para Blizanaca

Tablica 2.1: Najsajjnije zvijezde zimskog neba. Uoči kako boja ide od plave (vruće) preko žute do crvene (hladne).

Primjer 2.1

Na zimskom nebu vidiš dvije sjajne zvijezde: jednu izrazito crvenu, a drugu plavkastu. Koja je od njih toplija?

Rješenje: plavkasta je toplija. Boja zvijezde otkriva temperaturu: plave su zvijezde najvruće, žute umjerene, a crvene najhladnije. (Crvena bi mogla biti Betelgez, a plavkasta Rigel.)

Pitanja i zadaci za ponavljanje

1. Što je astrognozija? Što je zviježđe i jesu li njegove zvijezde zaista blizu jedna drugoj?
2. Kako pomoću Velikoga medvjeda pronaći Sjevernjaču? U kojem smjeru Sjevernjača pokazuje?
3. Po čemu se najlakše prepoznaje zviježđe Orion?
4. Imenuj dvije najpoznatije zvijezde Oriona i navedi boju svake.
5. Što boja zvijezde govori o njezinoj temperaturi? Poredaj po temperaturi: crvena, plava, žuta zvijezda.
6. Koja je najsjajnija zvijezda cijeloga noćnog neba i kojem zviježđu pripada?
7. Nabroji barem četiri zvijezde Zimskog šesterokuta. Koja je zvijezda gotovo u njegovu središtu?
8. Što je crveni nadv i što će se na kraju dogoditi Betelgezu?
9. (*Nacrtaj*) Pokušaj po sjećanju nacrtati Orion: tri zvijezde pojasa, dva ramena i dvije noge. Označi gdje su Betelgez i Rigel.

3 | Osnovni podaci o svemirskim tijelima

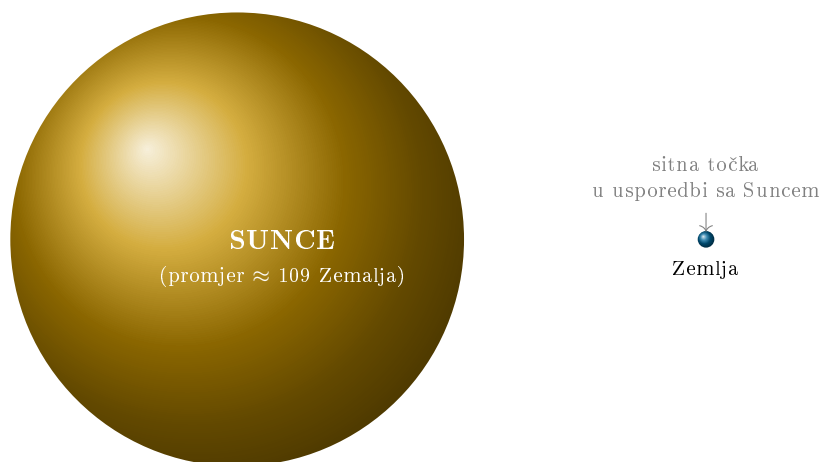
Upoznajmo sad поближе članove svoje kozmičke obitelji: **Sunce**, koje je u središtu svega, i **osam planeta** koji oko njega kruže. Ne treba učiti sve brojeve napamet — važnije je steći *osjećaj* za to što je veliko, a što maleno, što vruće, a što ledeno.

3.1 Sunce — naša zvijezda

Sunce je obična zvijezda — užarena kugla plina (uglavnom vodika i helija) koja sama svijetli i grije. Čini nam se mnogo većim i sjajnijim od ostalih zvijezda samo zato što nam je neusporedivo bliže: ostale su zvijezde tisuće i tisuće puta dalje.

Osnovni podaci o Suncu

Što je Sunce?	zvijezda (užarena kugla plina)
Od čega je građeno?	uglavnom vodik i helij
Promjer	oko 1 392 000 km (≈ 109 Zemljinih promjera)
Temperatura površine	oko 5500 °C
Udaljenost od Zemlje	oko 150 milijuna km
Starost	oko 4,6 milijardi godina
Koliko bi Zemalja stalo u Sunce?	više od milijun



Slika 3.1: Veličina Sunca u usporedbi sa Zemljom. Promjer Sunca je oko 109 puta veći od Zemljina, a u Sunce bi stalo više od milijun Zemalja. Pa ipak, Sunce je tek osrednja zvijezda — mnoge su druge zvijezde i tisuću puta veće od njega!

Svjetlost stara osam minuta

Kad ujutro osjetiš Sunce na licu, ta je svjetlost krenula sa Sunca prije oko **8 minuta**. Zbog goleme udaljenosti čak ni najbrža stvar u svemiru — svjetlost — ne stiže do nas trenutačno. To znači da Sunce uvijek vidimo onakvim kakvo je bilo prije osam minuta. Kad bi se Sunce u nekom trenutku ugasio, mi bismo to primijetili tek osam minuta poslije!

3.2 Osm planeta i njihov red

Oko Sunca kruži **osam planeta**. Od Sunca prema van redaju se ovako (zapamti redosljed — često zatreba!):

Planeti od Sunca prema van

Merkur, Venera, Zemlja, Mars (mali, kameniti)

... asteroidni pojas ...

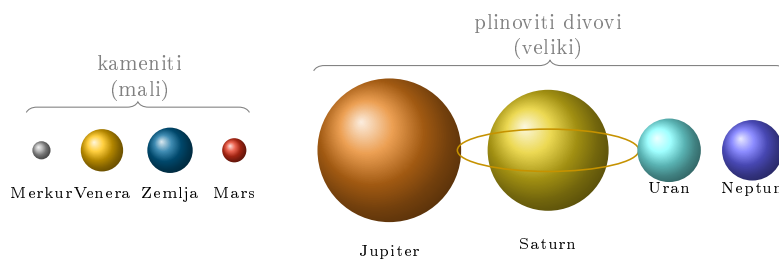
Jupiter, Saturn, Uran, Neptun (veliki, plinoviti)

Planeti se dijele u dvije skupine, vrlo različite po izgledu:

Dvije vrste planeta

Kameniti (terestrički) planeti — Merkur, Venera, Zemlja, Mars — maleni su, imaju čvrstu površinu i bliže su Suncu.

Plinoviti divovi (jovijanski planeti) — Jupiter, Saturn, Uran, Neptun — golemi su, građeni uglavnom od plina, nemaju čvrstu površinu i daleko su od Sunca.



Slika 3.2: Planeti prikazani u približnom omjeru veličina (razmaci nisu u mjerilu). Četiri unutarnja planeta su mali i kameniti; četiri vanjska su golemi plinoviti divovi. **Jupiter** je daleko najveći — u njega bi stalo više od tisuću Zemalja. Saturn prepoznaješ po prekrasnim prstenovima.

3.2.1 Osnovni podaci o planetima

Planet	Vrsta	Udaljenost od Sunca*	Broj mjeseca
Merkur	kameniti	0,4	0
Venera	kameniti	0,7	0
Zemlja	kameniti	1,0	1
Mars	kameniti	1,5	2
Jupiter	plinoviti div	5,2	deseci
Saturn	plinoviti div	9,5	deseci
Uran	plinoviti div	19,2	deseci
Neptun	plinoviti div	30,1	deseci

Tablica 3.1: Osnovni podaci o planetima. *Udaljenost je izražena u odnosu na Zemljinu (Zemlja = 1): tako broj 5,2 znači da je Jupiter 5,2 puta dalji od Sunca nego Zemlja. Uočite kako su vanjski planeti nezamislivo daleko — Neptun je 30 puta dalji od nas!

Po čemu se pamti svaki planet

Merkur — najbliži Suncu, najmanji, bez atmosfere, danju vruć i noću leden.

Venera — najvrući planet (gusta atmosfera zadržava toplinu); sjajna „Zornjača/Večernjača”.

Zemlja — naš dom; jedini planet s tekućom vodom i životom.

Mars — „crveni planet” (rđa u tlu); ima najveći vulkan u sustavu.

Jupiter — najveći planet; ima golemu oluju, Veliku crvenu pjegu.

Saturn — planet s najljepšim prstenovima (od leda i kamenja).

Uran — ledeni div koji se „kotrlja” po stazi (os mu je gotovo položena).

Neptun — najdalji planet; plav, vjetrovit i hladan.

Zašto Pluton više nije planet?

Možda si čuo da je nekad bilo *devet* planeta. Pluton je 2006. „izgubio” status planeta jer su astronomi otkrili da u njegovoj okolini ima još mnogo sličnih malih ledenih tijela — pa su uveli novu skupinu: **patuljasti planeti**. Pluton je sad najpoznatiji patuljasti planet. Nije postao manji — samo smo bolje shvatili gdje pripada.

Primjer 3.1

Koji je planet najveći i je li veći ili manji od Sunca?

Rješenje: najveći je planet **Jupiter**. Ipak je mnogo *manji* od Sunca — Sunce je zvijezda i daleko nadmašuje svaki planet (u Sunce bi stalo više od tisuću Jupitera).

Pitanja i zadaci za ponavljanje

1. Što je Sunce — planet ili zvijezda? Od čega je uglavnom građeno?
2. Otprilike koliko je Sunce veće od Zemlje (po promjeru)? Koliko bi Zemlja u njega stalo?
3. Zašto nam Sunce izgleda mnogo veće i sjajnije od drugih zvijezda?
4. Nabroji svih osam planeta redom od Sunca prema van.
5. Po čemu se razlikuju kameniti planeti i plinoviti divovi? Navedi koji pripadaju kojoj skupini.
6. Koji je planet najveći, a koji najbliži Suncu? Koji je „crveni planet”?
7. Koji planet ima najljepše prstenove? Koji je planet najvrući i zašto?
8. Zašto Pluton danas više ne ubrajamo u planete? U koju ga skupinu sada svrstavamo?
9. (*Razmisli*) Tablica kaže da je Neptun „30” daleko, a Zemlja „1”. Što taj broj znači i koliko je puta Neptun dalji od Sunca nego Zemlja?

Dio II

Županijska razina

Na županijskoj razini pomnije promatramo nebo. Dok zvijezde iz noći u noć stoje na svojim mjestima, planeti polako „lutaju” među njima — pa čak na trenutke kao da se zaustave i krenu natrag! Naučit ćemo zašto se to događa i kako planet razlikovati od zvijezde.

4 | Prividno gibanje planeta

Promatramo li nebo iz noći u noć, zvijezde tvore uvijek iste likove — zvijezda se ne mijenja. Ali nekoliko „zvijezda” polako mijenja položaj u odnosu na ostale: to su **planeti**. Upravo zato su ih stari narodi izdvojili i posebno nazvali.

4.1 Planeti — „lutalice” među zvijezdama

Odakle ime „planet”?

Riječ **planet** dolazi od grčke riječi za *lutalicu*. Za razliku od zvijezda, koje među sobom uvijek zadržavaju isti raspored, planeti se iz noći u noć **pomiču** u odnosu na zvijezde — kao da lutaju nebom.

Zvijezde su nezamislivo daleko, pa nam se njihov međusobni raspored ne mijenja (gledamo isti Orion kao i drevni narodi). Planeti su, naprotiv, mnogo bliže — u našem Sunčevu sustavu — i kruže oko Sunca svaki svojom brzinom. Zato im se položaj na nebu mijenja iz tjedna u tjedan.

Pet planeta golim okom

Bez ikakva teleskopa, golim okom, vidljivo je pet planeta: **Merkur, Venera, Mars, Jupiter i Saturn**. Ljudi ih poznaju i prate već tisućama godina. Venera i Jupiter često su najsjajniji „zvjezdani” objekti na nebu (uz Mjesec) — toliko sjajni da ih mnogi zamijene za zrakoplov ili čak za NLO!

4.2 Ekliptika — staza po kojoj putuju

Sve velike planetske staze leže gotovo u istoj ravnini, pa i Sunce, Mjesec i planete na nebu uvijek nalazimo blizu jedne te iste zamišljene crte.

Ekliptika

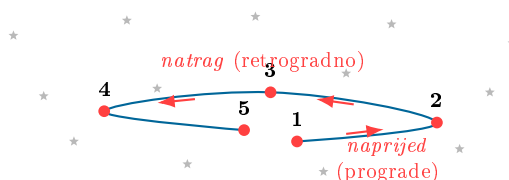
Ekliptika je zamišljena crta (put) po kojoj se Sunce tijekom godine prividno kreće među zvijezdama. Blizu nje uvijek nalazimo i Mjesec i sve planete. Zvijezda kroz koja ekliptika prolazi nazivamo **zodijačka zvijezda** (zodijak) — ima ih dvanaest (Ovan, Bik, Blizanci, Rak...).

To znači da planete nikad nećeš ugledati bilo gdje na nebu — uvijek su u uskom pojasu oko ekliptike, ondje gdje su i zodijačka zvijezda. Astronomu je to vrlo korisno: zna gdje treba gledati.

4.3 Petljasto (retrogradno) gibanje

Evo najčudnije pojave. Najveći dio vremena planet se među zvijezdama pomiče polako u jednom smjeru (to zovemo *prograde* gibanje). No ponekad uspori, **zaustavi se**, pa nakratko krene u *suprotnom* smjeru, opet se zaustavi i nastavi dalje kao prije. To „kretanje unatrag” zovemo **retrogradno** ili **petljasto gibanje**.

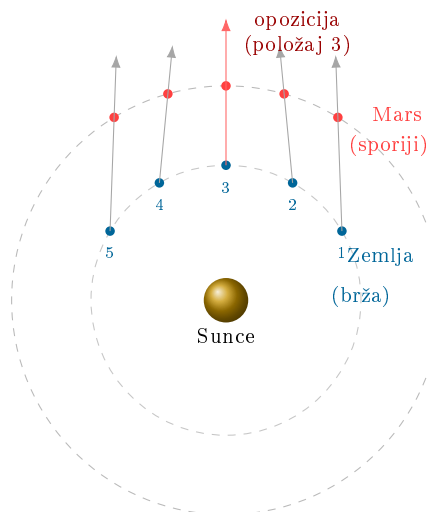
Stoljećima je ta pojava zbunjivala astronome. Kako planet može krenuti unatrag? Odgovor je iznenađujuće jednostavan i otkrio ga je Kopernik: **planet zapravo nikamo ne ide unatrag** — to se samo *nama čini* jer i mi, sa Zemlje, jurimo oko Sunca.



Slika 4.1: Petlja koju planet (npr. Mars) opiše među zvijezdama tijekom nekoliko mjeseci. Brojevi 1–5 pokazuju položaj planeta iz mjeseca u mjesec. Planet se najprije pomiče naprijed ($1 \rightarrow 2$), zatim se okrene i ide *natrag* ($2 \rightarrow 3 \rightarrow 4$) — to je retrogradno gibanje — pa opet nastavi naprijed ($4 \rightarrow 5$). Zvijezde u pozadini cijelo vrijeme miruju.

4.3.1 Zašto se to događa: utrka oko Sunca

Zamisli da se na trkačkoj stazi voziš unutarnjom (kraćom) stazom, brže od auta na vanjskoj stazi. Dok ga sustižeš i pretječeš, na trenutak ti se učini kao da on klizi *unatrag* u odnosu na daleku pozadinu — iako se i on giba naprijed. Upravo to Zemlja radi Marsu!



Slika 4.2: Pogled na sustav „odozgo”. Zemlja je na unutarnjoj stazi i giba se brže od Marsa, pa prelazi veći luk (položaji 1–5) dok Mars prijeđe samo manji. Tanke crte pokazuju smjer u kojem sa Zemlje vidimo Mars. Dok ga Zemlja sustiže i pretječe (oko položaja 3, kad su Sunce, Zemlja i Mars u nizu — to je *opozicija*), smjer prema Marsu nakratko se „vrati unatrag” — pa nam se čini da Mars na nebu ide natrag (vidi sliku 4.1).

Retrogradno gibanje ukratko

Planet se zapravo cijelo vrijeme giba naprijed oko Sunca.

Petlja na nebu samo je *prividna* — nastaje jer Zemlja, gibajući se brže po unutarnjoj stazi, pretječe vanjski planet.

Najjače je izražena oko **opozicije**, kad je planet najbliži Zemlji i najsjajniji.

4.4 Kako razlikovati planet od zvijezde?

Kad gledaš nebo, kako znati je li neka svijetla točka zvijezda ili planet? Pomažu ti tri znaka:

Tri znaka da gledaš planet

1. **Ne treperi.** Zvijezde trepere (titraju), a planeti svijetle mirnijim, postojanim svjetlom.
2. **Pomiče se.** Iz tjedna u tjedan planet mijenja položaj u odnosu na zvijezde; zvijezde stoje.
3. **Blizu je ekliptike.** Planet uvijek nalaziš u pojasu zodijaka, nikad daleko od te crte.

Zašto zvijezde trepere, a planeti ne?

Zvijezde su tako daleko da ih vidimo kao sitne točke svjetla. Dok ta tanka zraka prolazi kroz nemirni Zemljin zrak, ona „titra“ — pa nam se čini da zvijezda treperi. Planeti su nam bliže i vidimo ih kao maleni (golom oku nevidljiv) kolutić, a ne točku; titranje se po cijelom kolutiću „izgladi“, pa planet svijetli mirno. Zato je mirno svjetlo dobar znak da gledaš planet.

Primjer 4.1

Na nebu vidiš sjajan objekt koji mirno svijetli, ne treperi, a nalazi se blizu ekliptike. Tjedan dana poslije pomaknuo se u odnosu na obližnje zvijezde. Je li to zvijezda ili planet?

Rješenje: to je **planet**. Sva tri znaka upućuju na planet: mirno svjetlo (ne treperi), položaj blizu ekliptike i pomicanje među zvijezdama iz tjedna u tjedan.

Pitanja i zadaci za ponavljanje

1. Što znači riječ „planet“ i zašto su je stari narodi tako odabrali?
2. Zašto se raspored zvijezda ne mijenja, a položaj planeta da?
3. Koliko se planeta može vidjeti golim okom? Nabroji ih.
4. Što je ekliptika? Što su zodijačka zvijezda i koliko ih ima?
5. Što je retrogradno (petljasto) gibanje planeta?
6. Giba li se planet zaista unatrag ili nam se to samo čini? Objasni vlastitim riječima.
7. Kojom se usporedbom (utrka, staze) objašnjava retrogradno gibanje? Tko koga pretječe?
8. Kada je retrogradno gibanje najizraženije i kako se taj položaj zove?
9. Nabroji tri znaka po kojima na nebu prepoznaješ planet (a ne zvijezdu).
10. (*Razmisli*) Zašto se vanjski planet (npr. Mars) čini da ide unatrag baš kad ga Zemlja pretječe, a ne u nekom drugom trenutku?

Dio III

Državna razina

Na državnoj razini gledamo nebo još pomnije i učimo dva nova „alata”. Najprije ćemo naučiti kako astronomi *brojem* opisuju sjaj zvijezda — i razlikuju koliko nam tijelo izgleda sjajno od toga koliko ono *stvarno* svijetli. Zatim ćemo točno opisati gdje se planet nalazi u odnosu na Sunce i Zemlju. Računa gotovo da nema — najvažnije je dobro razumjeti pojmove.

5 | Sjaj zvijezda: prividni i apsolutni

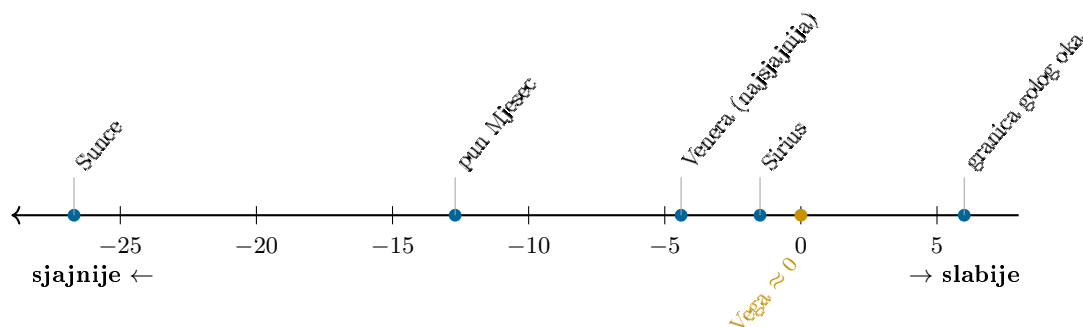
Pogledaš li vedro noćno nebo, odmah primijetiš da neke zvijezde sjaje jako, a neke jedva nazireš. Da bi se taj sjaj mogao usporediti i zapisati, astronomi ga opisuju brojem — **zvjezdanom veličinom** ili **magnitudom**.

5.1 Zvjezdana veličina (magnituda)

Zvjezdana veličina (magnituda)

Zvjezdana veličina (magnituda) je broj kojim opisujemo sjaj zvijezde. Pravilo te iznenadi: **što je zvijezda sjajnije, to joj je broj manji**. Najsjajnije zvijezde imaju veličinu oko 1, a najslabije koje još vidimo golim okom oko 6. Najsjajnija tijela (Sunce, Mjesec, Venera) imaju čak *negativan* broj.

Ovaj način brojanja smislio je prije više od dvije tisuće godina starogrčki astronom **Hiparh**. Najsjajnije zvijezde nazvao je zvjezdama „prve veličine”, a one jedva vidljive zvjezdama „šeste veličine”. Taj se dogovor zadržao sve do danas — zato je redoslijed naizgled „naopak”: manji broj znači veći sjaj.



Slika 5.1: Skala zvjezdanih veličina. Što je tijelo sjajnije, to mu je broj (veličina) *manji* — najsjašnija su lijevo. Sunce ima oko -27 , pun Mjesec oko -13 , a najslabije zvijezde koje vidimo golim okom oko $+6$.

Zapamti pravilo

Manji broj = veći sjaj. (Najsjajnije tijelo ima i negativan broj.)

Skok od pet stupnjeva

Razlika od točno **5 stupnjeva veličine** znači da je jedna zvijezda **100 puta** sjajnija od druge. Tako je zvijezda veličine 1 čak sto puta sjajnija od zvijezde veličine 6 — iako se brojevi razlikuju samo za pet!

5.2 Prividni (relativni) sjaj

Prividni sjaj

Prividni sjaj (prividna veličina) je sjaj koji zvijezda ima *gledana sa Zemlje* — upravo onako kako je vidi naše oko. Zato ga zovemo i *relativni* sjaj: ovisi o tome odakle gledamo.

Koliko će nam zvijezda izgledati sjajno, ovisi o **dvije** stvari: o tome koliko ona *stvarno* svijetli i o tome koliko je *daleko*. Što je tijelo dalje, to nam se čini slabijim — baš kao što ti se svjetlo automobila čini sve slabijim što je auto dalje.

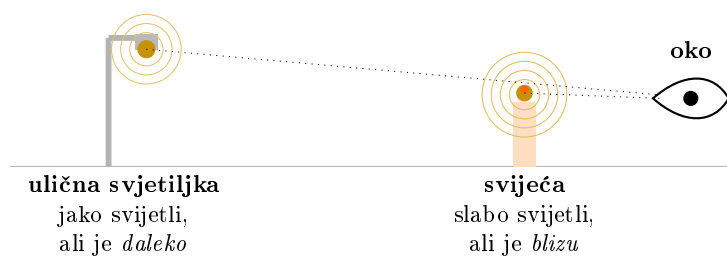
Zbog toga slaba, ali bliska zvijezda može na nebu izgledati sjajnije od neke daleke zvijezde koja zapravo svijetli mnogo jače. Prividni sjaj, dakle, ne govori nam koliko zvijezda *uistinu* svijetli.

5.3 Apsolutni sjaj

Apsolutni sjaj

Apsolutni sjaj (apsolutna veličina) opisuje koliko zvijezda *stvarno* svijetli. Da bismo zvijezde pošteno usporedili, zamislimo da smo ih sve premjestili na istu, **dogovorenu udaljenost** — 10 parseka (otprilike 33 svjetlosne godine). Sjaj koji bi tada imale jest njihov apsolutni sjaj.

Zamisli utrku u kojoj svi trkači kreću s iste crte — tek tada pošteno vidiš tko je najbrži. Slično je i sa zvijezdama: tek kad ih (u mislima) postavimo na istu udaljenost, možemo usporediti koja *zaista* najjače svijetli.



Slika 5.2: Svijeća tik do nas može izgledati sjajnije od ulične svjetiljke u daljini, iako svjetiljka daje mnogo više svjetla. Tako je i sa zvijezdama: *prividni* sjaj ovisi i o udaljenosti, dok *apsolutni* sjaj govori koliko tijelo *stvarno* svijetli (kao da su sva na istoj udaljenosti).

Najbolji je primjer naše Sunce. Po *prividnom* sjaju ono je daleko najsajnije tijelo na nebu — ali samo zato što nam je vrlo blizu. Po *apsolutnom* sjaju Sunce je tek osrednja zvijezda: kad bi bilo na dogovorenih 10 parseka, jedva bismo ga vidjeli golim okom.

Dva sjaja — ne brkaj ih

Prividni sjaj — kako zvijezda *izgleda* sa Zemlje (ovisi o udaljenosti).

Apsolutni sjaj — koliko zvijezda *stvarno* svijetli (svi na istoj udaljenosti, 10 parseka).

Primjer 5.1

Sirius nam na nebu izgleda kao najsajjnija zvijezda. Znači li to da on od svih zvijezda *najjače* svijetli?

Rješenje: Ne nužno. To je njegov *prividni* sjaj — Sirius nam izgleda tako sjajno najviše

zato što nam je vrlo blizu (samo oko 8,6 svjetlosnih godina). Mnoge daleke zvijezde svijetle zapravo mnogo jače (imaju veći apsolutni sjaj), ali nam zbog goleme udaljenosti izgledaju slabije.

Pitanja i zadaci za ponavljanje

1. Čime astronomi opisuju sjaj zvijezde? Tko je smislio taj način?
2. Koja zvijezda ima veći sjaj — ona veličine 1 ili ona veličine 5? Objasni pravilo.
3. Zašto najsjajnija tijela (Sunce, Mjesec) imaju *negativan* broj veličine?
4. Što je prividni sjaj? O koje dvije stvari ovisi?
5. Može li slaba zvijezda izgledati sjajnije od jake? Kako je to moguće?
6. Što je apsolutni sjaj i čemu služi? Na koju „dogovorenu” udaljenost zamišljamo sve zvijezde?
7. Zašto nam je Sunce daleko najsjajnije tijelo na nebu, iako je tek osrednja zvijezda?
8. Za koliko se puta razlikuje sjaj dviju zvijezda ako im se veličine razlikuju za točno 5 stupnjeva?
9. (*Razmisli*) Dvije zvijezde imaju jednak *apsolutni* sjaj, ali jedna nam izgleda sjajnije. Što o njima sigurno možeš zaključiti?

6 | Međusobni položaj planeta

Planeti i Zemlja neprestano kruže oko Sunca, svaki svojom brzinom. Zato se njihov *međusobni* položaj stalno mijenja — nekad je planet blizu Zemlje, nekad daleko, nekad na istoj strani Sunca, a nekad na suprotnoj. Ti položaji imaju svoja imena i određuju kada je planet najbolje vidljiv.

6.1 Unutarnji i vanjski planeti

Unutarnji i vanjski planeti

Unutarnji (donji) planeti — **Merkur i Venera** — bliže su Suncu od Zemlje. Na nebu se nikad mnogo ne udalje od Sunca, pa ih vidimo samo nakratko — navečer odmah nakon zalaska ili ujutro prije izlaska Sunca.

Vanjski (gornji) planeti — **Mars, Jupiter, Saturn...** — dalje su od Sunca od Zemlje. Oni mogu biti na nebu i nasuprot Suncu, pa ih vidimo i usred noći, visoko na nebu.

6.2 Elongacija — razmak planeta od Sunca na nebu

Elongacija

Elongacija je kut između Sunca i planeta, gledan sa Zemlje — dakle koliko je planet na nebu „odmaknut” od Sunca. Unutarnji planet najlakše vidimo u **najvećoj elongaciji**, kad je najdalje od Sunčeva sjaja: Merkur se odmakne do oko 28° , a Venera do oko 47° .

Zbog te male elongacije Merkur je vrlo teško uloviti — gotovo se uvijek skriva u Sunčevoj blizini, nisko nad obzorom. Venera se odmakne više, pa zna danima blistati visoko na večernjem ili jutarnjem nebu.

Zornjača i Večernjača

Veneru zbog velikoga sjaja zovemo **Zornjača** kad je vidljiva ujutro (u zoru), a **Večernjača** kad je vidljiva navečer. Stari su narodi nekad mislili da su to dva različita tijela — a zapravo je oboje ista Venera, samo s različitih strana Sunca!

6.3 Konjunkcija i opozicija

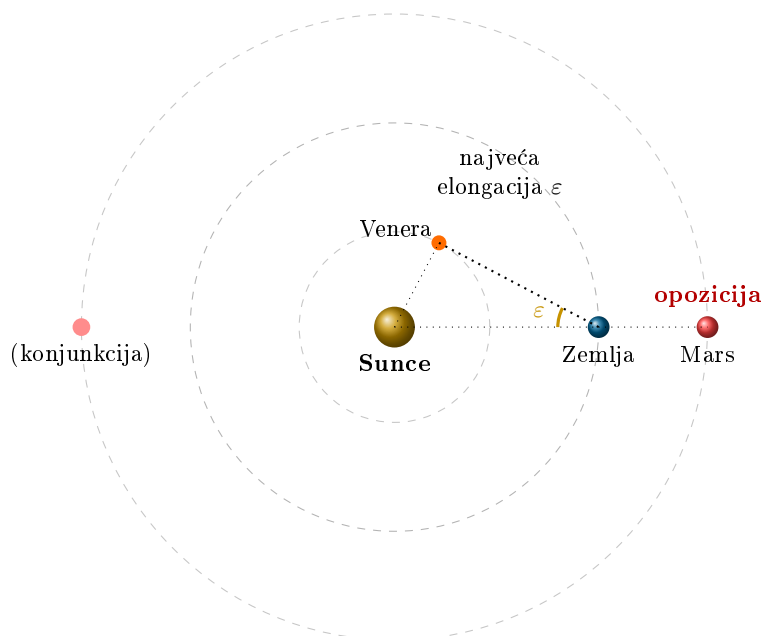
Konjunkcija i opozicija

Konjunkcija je položaj u kojem se planet na nebu nalazi u *smjeru Sunca*. Tada se gubi u Sunčevu sjaju i teško ga je (ili nemoguće) vidjeti.

Opozicija je položaj u kojem je vanjski planet *nasuprot Suncu* (poredak Sunce–Zemlja–planet). Tada planet izlazi baš kad Sunce zalazi, vidljiv je cijelu noć, najbliži je Zemlji i najsajjniji — to je najbolje vrijeme za promatranje.

6.4 Kada planet najbolje promatrati?

Sve se svodi na jedno pravilo: planet je najbolje vidljiv kad je što dalje od Sunčeva bljeska na nebu.



Slika 6.1: Pogled na Sunčev sustav „odozgo”. Venera (unutarnji planet) najbolje se vidi u najvećoj elongaciji ε — najvećem razmaku od Sunca na nebu. Mars (vanjski planet) najbolje se vidi u **opoziciji** (nasuprot Suncu), a gotovo se ne vidi u konjukciji (u smjeru Sunca).

Najbolje vrijeme za promatranje

Vanjski planeti (Mars, Jupiter, Saturn) — u **opoziciji** (nasuprot Suncu): vide se cijelu noć, najbliži su i najsjajniji.

Unutarnji planeti (Merkur, Venera) — u **najvećoj elongaciji**: najviše se odmaknu od Sunca, pa ih nakratko vidimo navečer ili ujutro.

Najsjajniji „lažni” planeti

Najsjajnija tijela noćnoga neba (osim Mjeseca) obično su upravo **Venera** i **Jupiter**. Toliko su sjajni da ih ljudi često zamijene za zrakoplov, satelit ili čak NLO — a zapravo gledaju susjedni planet.

Primjer 6.1

Mars je večeras u opoziciji. U koje doba izlazi i koliko ga dugo te noći možemo promatrati? Zašto je baš tada najsjašniji?

Rješenje: u opoziciji je Mars nasuprot Suncu, pa **izlazi pri zalasku Sunca** i vidljiv je **cijelu noć** (zalazi tek u zoru). Tada je i **najbliži Zemlji**, pa nam izgleda najveći i najsjašniji — zato je opozicija najbolje vrijeme za promatranje vanjskih planeta.

Pitanja i zadaci za ponavljanje

1. Koji su planeti unutarnji, a koji vanjski? Po čemu se ta dva razreda razlikuju?
2. Zašto Merkur i Veneru vidimo samo navečer ili ujutro, nikad usred noći visoko na nebu?
3. Što je elongacija? Kolika je najveća elongacija Merkura, a kolika Venere?

4. Zašto je Merkur mnogo teže uočiti od Venere?
5. Što su Zornjača i Večernjača? Je li riječ o dva tijela ili o jednom?
6. Što je konjunkcija, a što opozicija planeta?
7. Zašto je vanjski planet u opoziciji najsjajniji i vidljiv cijelu noć?
8. Kada je najbolje promatrati vanjski planet (npr. Jupiter), a kada unutarnji (npr. Veneru)?
9. (*Razmisli*) Može li Venera ikada biti u opoziciji (nasuprot Suncu, vidljiva u ponoć visoko na nebu)? Objasni zašto da ili ne.

Rješenja zadataka

Ovdje su odgovori na sva pitanja za ponavljanje, poredani po poglavljima. Najprije pokušaj sam odgovoriti, pa provjeri — tako ćeš najviše naučiti!

Poglavlje 1 — Zemlja u Sunčevu sustavu

1. Zemlja je **treći** planet od Sunca. Udaljena je oko **150 milijuna km** (to je 1 astronomska jedinica, AU).
2. Oko **8 minuta**. Toliko Sunčeva svjetlost putuje do nas — Sunce zapravo vidimo onakvim kakvo je bilo prije 8 minuta.
3. **Satelit (mjesec)** je tijelo koje kruži oko planeta. Naš Mjesec **ne svijetli sam** — obasjava ga Sunce, a mi vidimo Sunčevu svjetlost odbijenu od njega.
4. Jer Mjesec kruži oko Zemlje, pa s različitih položaja vidimo različito velik dio njegove osvijetljene strane (*mijene*). Dva ključna položaja su **mlađak** (Mjesec ne vidimo) i **uštapi** (vidimo ga cijelog).
5. Pomrčina Sunca događa se kad Mjesec svojom sjenom zakloni Sunce. U sredini je **Mjesec** (između Sunca i Zemlje), a Mjesec je tada u **mlađaku**.
6. U **potpunoj sjeni** (najtamniji, središnji dio Mjesečeve sjene) Sunce je posve zaklonjeno — vidi se *potpuna* pomrčina. U **polusjeni** oko nje Sunce je zaklonjeno samo djelomično — vidi se *djelomična* pomrčina.
7. Pomrčina Mjeseca događa se kad Mjesec uđe u Zemljinu sjenu i potamni. U sredini je **Zemlja** (između Sunca i Mjeseca), a Mjesec je tada u **uštapu**.
8. Jer dio Sunčeve svjetlosti ipak dopre do Mjeseca, savijen kroz Zemljinu atmosferu koja propušta uglavnom *crvene* zrake (iz istog razloga zalazak Sunca je crven). Te crvene zrake obasjaju Mjesec, pa on potamni i pocrveni.
9. Jer je Mjesečeva staza malo **nagnuta** u odnosu na Zemljinu, pa Mjesec obično prođe malo iznad ili ispod sjene i promaši je. Sve se savršeno poklopi tek nekoliko puta godišnje — i tada nastaje pomrčina.
10. Kod pomrčine Mjeseca Mjesec uđe u *veliku* Zemljinu sjenu, pa zamračeni Mjesec vidi svatko kome je on iznad obzora — cijela noćna strana Zemlje. Kod pomrčine Sunca Mjesečeva je sjena na Zemlji *vrlo mala mrlja*, pa potpunu pomrčinu vidi samo uski pojas kroz koji ta sjena prijeđe.

Poglavlje 2 — Astronozija (zimsko nebo)

1. **Astronozija** je vještina snalaženja na nebu — prepoznavanja zvijezda i zvijezda. **Zvijezde** je skupina zvijezda koje na nebu tvore prepoznatljiv lik. **Ne** — te zvijezde uglavnom nisu blizu jedna drugoj; samo nam se tako čini jer ih gledamo iz istog smjera.
2. Kroz dvije „pokazivačice” (krajnje zvijezde Velikih kola) povučesh zamišljenu crtu — ona vodi ravno do Sjevernjače. Sjevernjača pokazuje smjer **sjevera**.
3. Po trima sjajnim zvijezdama poredanima u nizu — to je **Orionov pojas**.
4. **Betelgez** (crvena) i **Rigel** (plava / plavo-bijela).
5. Boja otkriva temperaturu: *crvene* su najhladnije, a *plave* najtoplije. Poredak od najhladnije prema najtoplijoj: **crvena < žuta < plava**.

6. Najsjajnija je **Sirius**, u zviježđu **Veliki pas**.
7. Bilo koje četiri od: Sirius, Rigel, Kapela, Aldebaran, Poluks, Procion. Gotovo u središtu šesterokuta nalazi se **Betelgez**.
8. **Crveni nadiv** je golema, hladna (crvena) zvijezda pri kraju života. Betelgez će na kraju **eksplodirati kao supernova** (toliko sjajno da će se nakratko vidjeti i danju).
9. (Crtež.) Orion ima tri zvijezde pojasa u sredini, dva ramena gore i dvije noge dolje. **Betelgez** je gore (rame), a **Rigel** dolje (noga).

Poglavlje 3 — Osnovni podaci o svemirskim tijelima

1. Sunce je **zvijezda** — užarena kugla plina koja sama svijetli i grije. Građeno je uglavnom od **vodika** (i nešto helija).
2. Promjer Sunca je oko **109 puta** veći od Zemljina, a u Sunce bi stalo **više od milijun** Zemalja.
3. Jer nam je *neusporedivo bliže* od svih drugih zvijezda. Druge su zvijezde tako daleke da ih vidimo samo kao sitne točke, iako mnoge svijetle jače od Sunca.
4. **Merkur, Venera, Zemlja, Mars, Jupiter, Saturn, Uran, Neptun**.
5. **Kameniti planeti** (Merkur, Venera, Zemlja, Mars) maleni su, imaju čvrstu površinu i bliže su Suncu. **Plinoviti divovi** (Jupiter, Saturn, Uran, Neptun) golemi su, građeni uglavnom od plina, bez čvrste površine i daleko od Sunca.
6. Najveći je **Jupiter**, a najbliži Suncu **Merkur**. „Crveni planet” je **Mars**.
7. Najljepše prstenove ima **Saturn**. Najvrući je **Venera** — njezina gusta atmosfera zadržava toplinu poput staklenika (iako je Merkur bliže Suncu).
8. Pluton je 2006. prestao biti planet jer je u njegovoj okolini otkriveno još mnogo sličnih malih ledenih tijela. Sada ga svrstavamo među **patuljaste planete**.
9. Broj kaže koliko je planet dalji od Sunca *u odnosu na Zemlju* (Zemlja = 1). Neptun s „30” znači da je **30 puta dalji** od Sunca nego Zemlja.

Poglavlje 4 — Prividno gibanje planeta

1. Riječ „planet” znači **litalica**. Stari su je narodi tako nazvali jer se planeti, za razliku od zvijezda, *pomiču* (lutaju) među zvijezdama.
2. Jer su zvijezde nezamislivo daleko, pa im se međusobni raspored ne mijenja. Planeti su mnogo bliži (u našem Sunčevu sustavu) i kruže oko Sunca svaki svojom brzinom, pa im se položaj mijenja iz tjedna u tjedan.
3. **Pet**: Merkur, Venera, Mars, Jupiter i Saturn.
4. **Ekliptika** je zamišljena crta po kojoj se Sunce tijekom godine prividno kreće među zvijezdama; blizu nje uvijek su i Mjesec i planeti. **Zodijačka zvijezda** su ona kroz koja ekliptika prolazi — ima ih **dvanaest**.
5. To je prividno gibanje planeta *unatrag* (suprotno od uobičajenoga) među zvijezdama — planet kao da na nebu napravi malu petlju ili zaokret.
6. **Samo nam se čini** (prividno je). Planet i dalje obilazi Sunce u istom smjeru; dojam gibanja unatrag nastaje zato što ga Zemlja pretječe.

7. Usporedbom s **utrkom** (dva trkača ili auta na različitim stazama). Brža, unutarnja **Zemlja pretječe** sporiji vanjski planet (npr. Mars); dok ga prestiže, čini nam se da planet klizi unatrag.
8. Kad je planet najbliži Zemlji, nasuprot Suncu — u **opoziciji**.
9. (1) **Ne treperi** (svijetli mirno); (2) **pomiče se** među zvijezdama iz tjedna u tjedan; (3) nalazi se **blizu ekliptike**.
10. Jer baš dok Zemlja prestiže planet, na pozadini dalekih zvijezda čini nam se da planet zaostaje — kao kad u autu pretječeš sporiji auto pa ti se čini da on klizi unatrag. Izvan trenutka pretjecanja toga dojma nema.

Poglavlje 5 — Sjaj zvijezda: prividni i apsolutni

1. **Zvjezdanom veličinom** (magnitudom) — brojem. Taj je način smislio starogrčki astronom Hiparh.
2. Veću sjaj ima zvijezda veličine 1. Pravilo: **manji broj = veći sjaj**.
3. Jer je skala „naopaka”: manji broj znači veći sjaj. Tijela sjajnija od zvijezda prve veličine moraju imati broj manji od 1 — dakle 0 ili negativan.
4. **Prividni sjaj** je sjaj kakav zvijezda ima gledana sa Zemlje. Ovisi o **dvije** stvari: koliko zvijezda *stvarno* svijetli i koliko je *daleko*.
5. **Da** — ako je slaba zvijezda mnogo bliže, a jaka vrlo daleko. Što je tijelo dalje, to nam se čini slabijim.
6. **Apsolutni sjaj** opisuje koliko zvijezda *stvarno* svijetli; služi za pošteno uspoređivanje, kao da su sve zvijezde na istoj udaljenosti. Dogovorena udaljenost je 10 **parseka** (oko 33 svjetlosne godine).
7. Jer nam je *vrlo blizu* — to je njegov *prividni* sjaj. Po *apsolutnom* sjaju (na 10 parseka) Sunce bi bilo tek osrednja zvijezda, jedva vidljiva golim okom.
8. 100 **puta**.
9. Da je ona koja nam izgleda sjajnije **bliža** nama. Kako im je *stvarni* (apsolutni) sjaj jednak, razliku u prividnom sjaju može uzrokovati samo razlika u udaljenosti.

Poglavlje 6 — Međusobni položaj planeta

1. **Unutarnji** su Merkur i Venera (bliže Suncu od Zemlje); **vanjski** su Mars, Jupiter, Saturn... (dalje od Sunca od Zemlje). Unutarnji se na nebu nikad mnogo ne udalje od Sunca, a vanjski mogu biti i nasuprot Suncu.
2. Jer su bliže Suncu od Zemlje, pa se na nebu nikad mnogo ne udalje od Sunca. Vidimo ih samo nakratko — navečer nakon zalaska ili ujutro prije izlaska Sunca — nikad usred noći visoko na nebu.
3. **Elongacija** je kut između Sunca i planeta gledan sa Zemlje (koliko je planet na nebu odmaknut od Sunca). Najveća elongacija: Merkur do oko 28°, Venera do oko 47°.
4. Jer mu je najveća elongacija mala (oko 28°), pa se gotovo uvijek skriva u Sunčevoj blizini, nisko nad obzorom i kratko vidljiv. Venera se odmakne više (oko 47°), pa blista visoko i dulje.
5. To su imena za **Veneru**: **Zornjača** kad je vidljiva ujutro, **Večernjača** kad je vidljiva navečer. Riječ je o **jednom** tijelu (istoj Veneri).

-
6. **Konjunkcija** je položaj u kojem je planet u smjeru Sunca (gubi se u Sunčevu sjaju). **Opozicija** je položaj u kojem je vanjski planet nasuprot Suncu (poredak Sunce–Zemlja–planet).
 7. Jer je u opoziciji **najbliži Zemlji** (pa nam izgleda najveći i najsjajniji) i **nasuprot Suncu** — izlazi pri zalasku Sunca, a zalazi u zoru, pa je vidljiv cijelu noć.
 8. Vanjski planet (Jupiter) najbolje je promatrati u **opoziciji**; unutarnji planet (Veneru) u **najvećoj elongaciji**.
 9. **Ne.** Venera je unutarnji planet (bliže Suncu od Zemlje), pa s naše strane nikad ne može doći nasuprot Suncu — uvijek je na nebu blizu Sunca. Zato je nikad ne vidimo visoko na nebu oko ponoći.