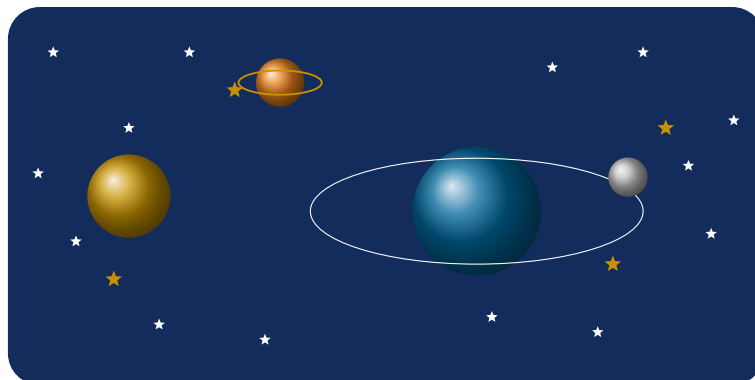




# ASTRONOMIJA

moje prvo putovanje svemirom

---

## 5. 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.

# Dobro došao u svemir!

Pred tobom je skripta koja će te pripremiti za natjecanje iz astronomije za 5. razred osnovne škole — ali i nešto više od toga. Astronomija je najstarija znanost na svijetu: ljudi su gledali u zvijezde i postavljali pitanja davno prije nego što su izumili pismo. Kad noćas pogledaš u nebo, gledaš upravo ono što su gledali i stari Egipćani, Grci i moreplovci koji su pomoću zvijezda pronalazili put preko oceana.

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

- **Školska razina** – opći pojmovi o svemiru, snalaženje među zvijezdama (zvijezda) te Zemlji-na vrtnja i kruženje oko Sunca.
- **Županijska razina** – kako astronomi i moreplovci određuju položaje: koordinate na Zemlji te osnovne točke i kružnice na nebu.
- **Državna razina** – sustav Zemlja-Mjesec i naš planetni sustav (ne brojevi napamet, nego osjećaj za *red veličine* — što je veliko, a što maleno).

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.
- **Zadaci** pitanja na kraju poglavlja; odgovori su na kraju skripte.

**Savjet za učenje:** astronomiju se ne uči samo iz knjige! Najbolja učionica je vedro noćno nebo, daleko od gradskih svjetala. Izadi van s roditeljima, pronađi Veliki medvjed o kojemu ćeš čitati, i pokušaj sam pronaći Sjevernjaču. Ono što jednom vidiš vlastitim očima, nikad nećeš zaboraviti.

## Najdalje što čovjek može vidjeti golim okom

Kad za vedre noći pogledaš prema zvijezdu Andromede, možeš (ako je nebo jako tamno) ugle dati malenu maglovitu mrlju. To nije zvijezda — to je **cijela druga galaksija**, Andromedina galaksija, s više od bilijun zvijezda! Svjetlost koja ti tada uđe u oko putovala je do tebe oko *dva i pol milijuna godina*. Krenula je na put davno prije nego što su postojali ljudi. To je najdalji predmet koji čovjek može vidjeti bez teleskopa.

## Zanimljivi brojevi za početak

|                                              |                                |
|----------------------------------------------|--------------------------------|
| Koliko planeta ima Sunčev sustav?            | 8                              |
| Koliko Zemlji treba za jedan okret oko osi?  | 1 dan ( $\approx$ 24 sata)     |
| Koliko Zemlji treba za jedan obilazak Sunca? | 1 godina ( $\approx$ 365 dana) |
| Koliko Mjesecu treba da obiđe Zemlju?        | oko 27–29 dana                 |
| Koja je zvijezda nama najbliža?              | Sunce                          |
| Koliko je daleko Sunce?                      | oko 150 milijuna km            |
| Koliko zvijezda ima naša Mliječna staza?     | više od 100 milijardi          |
| Koliko je staro Sunce?                       | oko 4,6 milijardi godina       |

# Sadržaj

|            |                                                     |           |
|------------|-----------------------------------------------------|-----------|
| <b>I</b>   | <b>Školska razina</b>                               | <b>3</b>  |
| <b>1</b>   | <b>Opći pojmovi o svemiru</b>                       | <b>5</b>  |
| 1.1        | Što je svemir? . . . . .                            | 5         |
| 1.2        | Što se sve nalazi u svemiru? . . . . .              | 5         |
| 1.3        | Koliko je svemir velik? . . . . .                   | 5         |
| 1.4        | Naše mjesto u svemiru . . . . .                     | 6         |
| <b>2</b>   | <b>Astrognozija — snalaženje među zvijezdama</b>    | <b>7</b>  |
| 2.1        | Što su zvijezda? . . . . .                          | 7         |
| 2.2        | Veliki medvjed i kako pronaći Sjevernjaču . . . . . | 7         |
| 2.3        | Cirkumpolarna zvijezda . . . . .                    | 8         |
| 2.4        | Orion — nebeski lovac . . . . .                     | 8         |
| 2.5        | Zimski šesterokut . . . . .                         | 9         |
| <b>3</b>   | <b>Zemljina rotacija i revolucija</b>               | <b>11</b> |
| 3.1        | Rotacija — vrtnja oko osi (dan i noć) . . . . .     | 11        |
| 3.2        | Revolucija — kruženje oko Sunca (godina) . . . . .  | 11        |
| 3.3        | Zašto postoje godišnja doba? . . . . .              | 11        |
| <b>II</b>  | <b>Županijska razina</b>                            | <b>14</b> |
| <b>4</b>   | <b>Osnovni pojmovi položajne astronomije</b>        | <b>16</b> |
| 4.1        | Koordinate na Zemlji . . . . .                      | 16        |
| 4.2        | Nebeska sfera . . . . .                             | 16        |
| 4.2.1      | Osnovne točke i kružnice . . . . .                  | 17        |
| <b>III</b> | <b>Državna razina</b>                               | <b>19</b> |
| <b>5</b>   | <b>Sustav Zemlja–Mjesec</b>                         | <b>21</b> |
| 5.1        | Mjesečeve mijene (faze) . . . . .                   | 21        |
| 5.2        | Uvijek ista strana Mjeseca . . . . .                | 21        |
| 5.3        | Pomrčine . . . . .                                  | 22        |
| <b>6</b>   | <b>Planetni sustav — osjećaj za veličine</b>        | <b>23</b> |
| 6.1        | Osam planeta i njihov red . . . . .                 | 23        |
| 6.2        | Dvije vrste planeta . . . . .                       | 23        |
| 6.3        | Koliko su planeti veliki? . . . . .                 | 23        |
| 6.4        | Koliko su planeti daleko? . . . . .                 | 24        |
|            | <b>Rješenja zadataka</b>                            | <b>25</b> |
|            | <b>Rješenja zadataka</b>                            | <b>26</b> |
|            | Poglavlje 1 — Opći pojmovi o svemiru . . . . .      | 26        |

---

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| Poglavlje 2 — Astrognozija . . . . .                          | 26 |
| Poglavlje 3 — Zemljina rotacija i revolucija . . . . .        | 26 |
| Poglavlje 4 — Osnovni pojmovi položajne astronomije . . . . . | 27 |
| Poglavlje 5 — Sustav Zemlja–Mjesec . . . . .                  | 27 |
| Poglavlje 6 — Planetni sustav . . . . .                       | 28 |

Dio I

# Školska razina

---

Na školskoj razini upoznajemo svemir „od pogleda golim okom”. Naučit ćemo što sve postoji u svemiru i koliko je golem, kako prepoznati prva zvijezda i pronaći Sjevernjaču, te zašto se dan smjenjuje s noći i godišnja doba jedno s drugim.

# 1 | Opći pojmovi o svemiru

## 1.1 Što je svemir?

**Svemir** (ili *kozmos*) jest sve što postoji: sve zvijezde, planeti, mjeseci, galaksije, sav plin, prašina i prazan prostor između njih. Svemir je nezamislivo velik — toliko velik da ga ne možemo opisati običnim mjerama poput metra ili kilometra, nego trebamo posebne, mnogo veće jedinice.

### Astronomija

**Astronomija** je znanost koja proučava svemir i sve što se u njemu nalazi: zvijezde, planete, mjeseci, galaksije i njihovo gibanje. Riječ dolazi od grčkih riječi *astron* (zvijezda) i *nomos* (zakon) — dakle „zakoni zvijezda”.

## 1.2 Što se sve nalazi u svemiru?

U svemiru postoje različite vrste tijela. Krenimo od onih koja već poznaješ:

### Nebeska tijela

**Zvijezda** — golema užarena kugla plina koja sama svijetli i grije (npr. Sunce).

**Planet** — veliko tijelo koje kruži oko zvijezde i ne svijetli samo, nego ga obasjava zvijezda (npr. Zemlja).

**Mjesec (satelit)** — tijelo koje kruži oko planeta (npr. naš Mjesec).

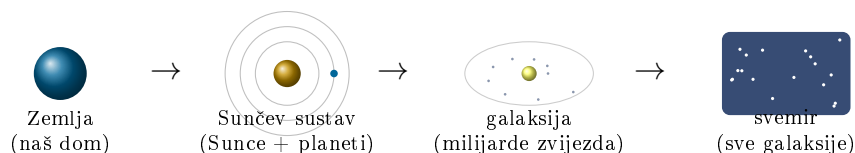
**Galaksija** — golem skup od mnogo milijardi zvijezda, povezanih privlačnom silom (npr. naša Mliječna staza).

### Zašto zvijezde svijetle, a planeti ne?

Zvijezde su toliko vruće da same proizvode svjetlost — poput užarene žarulje. Planeti su hladni i *ne* svijetle sami: vidimo ih samo zato što ih obasjava Sunce, baš kao što vidimo Mjesec jer ga obasjava Sunce. Kad noću gledaš „zvijezdu” koja ne treperi, nego mirno svijetli, to je vjerojatno planet (npr. Venera ili Jupiter)!

## 1.3 Koliko je svemir velik?

Da bismo osjetili koliko je svemir golem, krenimo od Zemlje i polako se udaljavajmo. Svaki sljedeći korak mnogo je, mnogo veći od prethodnoga:



Slika 1.1: Od doma do svemira. Zemlja je tek jedan planet oko Sunca; Sunce je tek jedna zvijezda u golemoj galaksiji; a galaksija je tek jedna od milijardi galaksija u svemiru. Svaki je korak neusporedivo veći od prethodnoga!

### Zrno pijeska

Zamisli da je Sunce veličine naranče. Tada bi Zemlja bila sitno zrno pijeska udaljeno desetak metara, a najbliža sljedeća zvijezda bila bi *druga naranča* udaljena tisuće kilometara! Svemir je uglavnom prazan prostor, a tijela u njemu nevjerojatno su daleko jedno od drugoga.

## 1.4 Naše mjesto u svemiru

Gdje smo to mi? Naša adresa u svemiru izgleda ovako, od najmanjega prema najvećemu:

### Naša adresa u svemiru

Zemlja → Sunčev sustav → Mliječna staza (naša galaksija) → svemir

Naše **Sunce** obična je zvijezda — jedna od više od sto milijardi zvijezda u našoj galaksiji, **Mliječnoj stazi**. A Mliječna staza samo je jedna od milijardi galaksija u svemiru. Iako se činimo malenima, baš je čudesno što s ovog malog plavog planeta možemo razumjeti tako velik svemir.

### Pitanja i zadaci za ponavljanje

1. Što je svemir? Što je astronomija i odakle dolazi ta riječ?
2. Objasni razliku između zvijezde i planeta. Koje od njih svijetli samo, a koje ne?
3. Zašto Mjesec svijetli na noćnom nebu, iako nije zvijezda?
4. Što je galaksija? Kako se zove naša galaksija?
5. Poredaj od najmanjega prema najvećemu: galaksija, Zemlja, Sunčev sustav, svemir.
6. Je li Sunce planet ili zvijezda? Obrazloži.
7. (*Razmisli*) Noću na nebu vidiš dvije svijetle točke. Jedna treperi, a druga mirno svijetli. Koja bi mogla biti planet, a koja zvijezda? (*Uputa: sjeti se zanimljivosti o treperenju.*)

## 2 | Astrognozija — snalaženje među zvijezdama

**Astrognozija** je vještina prepoznavanja zvijezda i snalaženja na noćnom nebu. To je prvo što svaki astronom mora naučiti — baš kao što moreplovac mora poznavati zvijezde da bi pronašao put. U ovom ćeš poglavlju upoznati nekoliko zvijezda koja ćeš moći sam pronaći već prve vedre noći.

### 2.1 Što su zvijezda?

#### Zvijezde

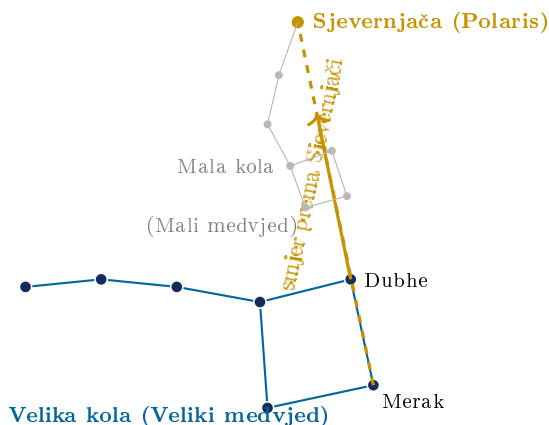
**Zvijezde** je skupina zvijezda koje na nebu tvore prepoznatljiv lik (npr. medvjeda, lovca ili kola). Zvijezde u istom zvijezdu zapravo *nisu* blizu jedna drugoj u svemiru — samo nam se tako čini jer ih gledamo iz istog smjera. Cijelo je nebo podijeljeno na 88 zvijezda.

#### Slika koja spaja tisućljeća

Mnoga su zvijezda dobila imena prije više od 3000 godina, u starom Babilonu i Grčkoj. Kad večeras pronađeš Veliki medvjed, 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.

### 2.2 Veliki medvjed i kako pronaći Sjevernjaču

Najlakše zvijezde za pronaći jest **Veliki medvjed** (latinski *Ursa Major*). Njegovih sedam najsjajnijih zvijezda tvore oblik velike kutlače ili kola — taj dio zovemo *Velika kola*. Pomoću njega možemo pronaći najvažniju zvijezdu za snalaženje: **Sjevernjaču** (Polaris).



Slika 2.1: Kako pronaći Sjevernjaču. Pronađi sedam zvijezda Velikih kola (Veliki medvjed). Dvije „prednje” zvijezde — Merak i Dubhe — zovu se *pokazivačice*. Povučeš li kroz njih crtu prema gore (oko pet puta dalje), doći ćeš do Sjevernjače. Sjevernjača je posljednja zvijezda u dršku Malih kola (Mali medvjed).

### Zašto je Sjevernjača važna?

**Sjevernjača** stoji gotovo točno iznad Zemljina sjevernog pola. Zato uvijek pokazuje smjer **sjevera** i gotovo se ne pomiče po nebu, dok se sve ostale zvijezde okreću oko nje. Stoljećima su je moreplovci koristili da ne zalutaju. Ako pronađeš Sjevernjaču — znaš gdje je sjever!

## 2.3 Cirkumpolarna zvijezda

Ako noću dulje promatraš nebo (ili snimiš fotografiju s dugim vremenom), primijetit ćeš da se zvijezde polako okreću oko Sjevernjače — jer se Zemlja vrti. Neke zvijezde pritom *nikad ne zađu* ispod obzora: one samo kruže oko Sjevernjače i uvijek su na nebu. Takva zvijezda zovemo **cirkumpolarna**.

### Cirkumpolarna zvijezda

**Cirkumpolarna zvijezda** su ona koja su s nekog mjesta na Zemlji *uvijek vidljiva* — nikad ne zalaze, nego se cijelu noć okreću oko nebeskog pola (oko Sjevernjače). Iz naših krajeva takvi su, primjerice, Veliki medvjed, Mali medvjed i Kasiopeja.



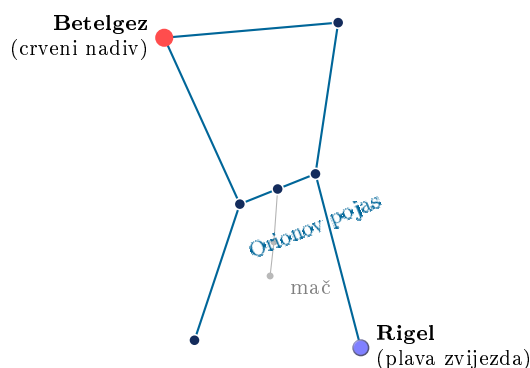
Slika 2.2: Zašto neke zvijezde nikad ne zađu. Kako se Zemlja vrti, zvijezde se okreću oko Sjevernjače u krugovima. Zvijezde u malim krugovima (blizu Sjevernjače) ostaju cijelu noć iznad obzora — one su *cirkumpolarne*. Zvijezde u velikim krugovima dio kruga provedu ispod obzora, pa izlaze i zalaze.

### Tragovi zvijezda na fotografiji

Ako fotoaparat usmjeriš prema Sjevernjači i ostaviš ga da snima sat vremena, zvijezde na slici neće biti točke nego *lukovi* — kružni tragovi oko Sjevernjače. Što je zvijezda bliže Sjevernjači, to je njezin trag manji. Sjevernjača sama ostavlja gotovo točku, jer se jedva pomiče. Takve fotografije zovu se „startrails” i prekrasne su!

## 2.4 Orion — nebeski lovac

Najljepše zvijezde zimskog neba jest **Orion**, nazvan po lovcu iz grčkih mitova. Lako ga je prepoznati po trima zvijezdama u nizu koje tvore *Orionov pojas*. Orion sadrži dvije od najpoznatijih zvijezda na cijelom nebu, koje su k tome različitih boja!



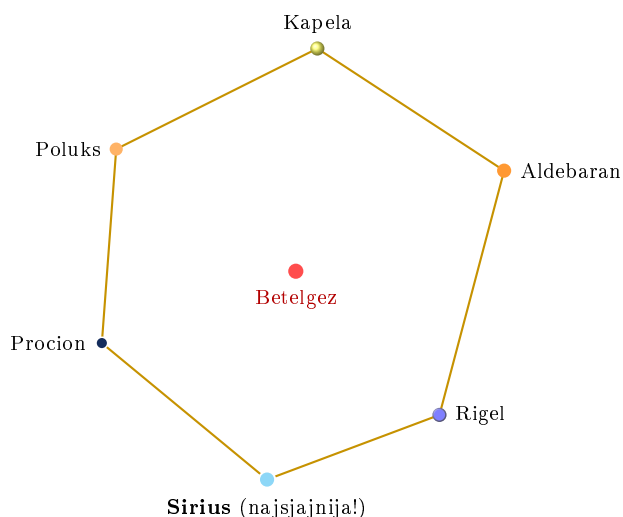
Slika 2.3: Zviježđe Orion. Tri zvijezde u nizu u sredini čine *Orionov pojas* — po njemu se Orion najlakše prepoznaje. Gore lijevo blista crvenkasta **Betelgez** (golem hladan nadiv), a dolje desno plavkasti **Rigel** (vruća zvijezda). Razlika u boji vidljiva je i golim okom!

### Dvije zvijezde koje moraš znati: Betelgez i Rigel

**Betelgez** je *crvena* — to znači da je hladnija (ali golem; da je na Sunčevu mjestu, progutala bi i Zemlju!). **Rigel** je *plava* — to znači da je vrlo vruća. Boja zvijezde otkriva njezinu temperaturu: crvene su hladnije, plave su vruće. Zapamtiš li Betelgez i Rigel, znaš dvije zvijezde i jedno važno pravilo o bojama!

## 2.5 Zimski šesterokut

Oko Oriona, za vedrih zimskih noći, blista još nekoliko vrlo sjajnih zvijezda. Spojimo li šest najsjaajnijih, dobivamo velik lik — **Zimski šesterokut** (ili Zimski trokut kad spojimo samo tri). To je odličan „putokaz” za snalaženje zimi.



Slika 2.4: Zimski šesterokut. Šest sjajnih zvijezda — Kapela, Aldebaran, Rigel, Sirius, Procion i Poluks — tvore velik šesterokut, a crvena Betelgez je gotovo u sredini. **Sirius** je najsjaajnija zvijezda cijeloga noćnog neba. Ovaj lik vidljiv je samo zimi.

**Sirius — zvijezda koja je najavljivala poplave**

**Sirius** je najsjajnija zvijezda noćnog neba. Stari Egipćani toliko su ga voljeli da su po njemu udešavali svoj kalendar: kad bi se Sirius nakon dugog izbivanja 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 zvijezda tako je upravljala životom cijele civilizacije!

**Pitanja i zadaci za ponavljanje**

1. Što je zvijezde? Jesu li zvijezde istog zviježđa zaista blizu jedna drugoj u svemiru?
2. Kako se zove zvijezde poznato i kao „Velika kola”? Koliko svijetlih zvijezda ga čini?
3. Opiši kako pomoću Velikih kola pronaći Sjevernjaču. Kako se zovu dvije „pokazivačice”?
4. Zašto je Sjevernjača važna za snalaženje? U kojem smjeru ona uvijek pokazuje?
5. Što znači da je neko zvijezde *cirkumpolarno*? Navedi barem jedan primjer.
6. Po čemu se najlakše prepoznaje zvijezde Orion?
7. Imenuj dvije najpoznatije zvijezde Oriona i navedi boju svake. Što boja govori o temperaturi zvijezde?
8. Koja je najsjajnija zvijezda noćnog neba i u kojem je godišnjem dobu vidljiv Zimski šesterokut?
9. (*Nacrtaj*) Pokušaj po sjećanju nacrtati Orion: tri zvijezde pojasa, dva ramena i dvije noge. Označi gdje su Betelgez i Rigel.

## 3 | Zemljina rotacija i revolucija

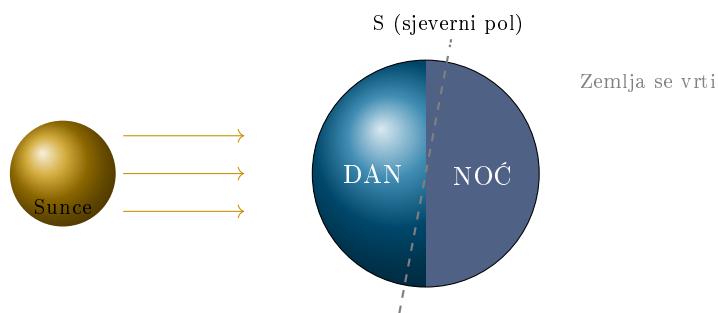
Zemlja se neprestano giba na dva načina istodobno: **vrti se** oko svoje osi i **kruži** oko Sunca. Ta dva gibanja stvaraju dvije pojave koje svi dobro poznajemo — izmjenu dana i noći te izmjenu godišnjih doba.

### 3.1 Rotacija — vrtnja oko osi (dan i noć)

#### Rotacija

**Rotacija** je vrtnja Zemlje oko zamišljene crte koja prolazi kroz sjeverni i južni pol — *Zemljine osi*. Jedan puni okret traje **oko 24 sata**, što zovemo *dan*.

Sunce uvijek obasjava samo jednu polovicu Zemlje. Na toj je polovici **dan**, a na suprotnoj, neobasjanoj, **noć**. Kako se Zemlja vrti, mjesta prelaze iz osvijetljene u neosvijetljenu polovicu — pa nam se čini da Sunce „izlazi” i „zalazi”.



Slika 3.1: Dan i noć. Sunce obasjava samo jednu polovicu Zemlje — ondje je *dan*. Na suprotnoj, neobasjanoj strani je *noć*. Kako se Zemlja vrti (oko 24 sata za puni okret), mjesta prelaze iz dana u noć i natrag. Sunce zapravo „ne izlazi” — to se Zemlja okreće prema njemu!

#### Tko se zapravo kreće?

Tisućama godina ljudi su mislili da Sunce kruži oko Zemlje, jer ga vidimo kako svako jutro „izlazi” na istoku i navečer „zalazi” na zapadu. Tek je prije oko 500 godina Nikola Kopernik objasnio istinu: Sunce miruje (u središtu), a *Zemlja se vrti i kruži oko njega*. Izlazak Sunca samo je posljedica naše vrtnje — poput vrtuljka s kojega se čini da se okreće sve oko tebe.

### 3.2 Revolucija — kruženje oko Sunca (godina)

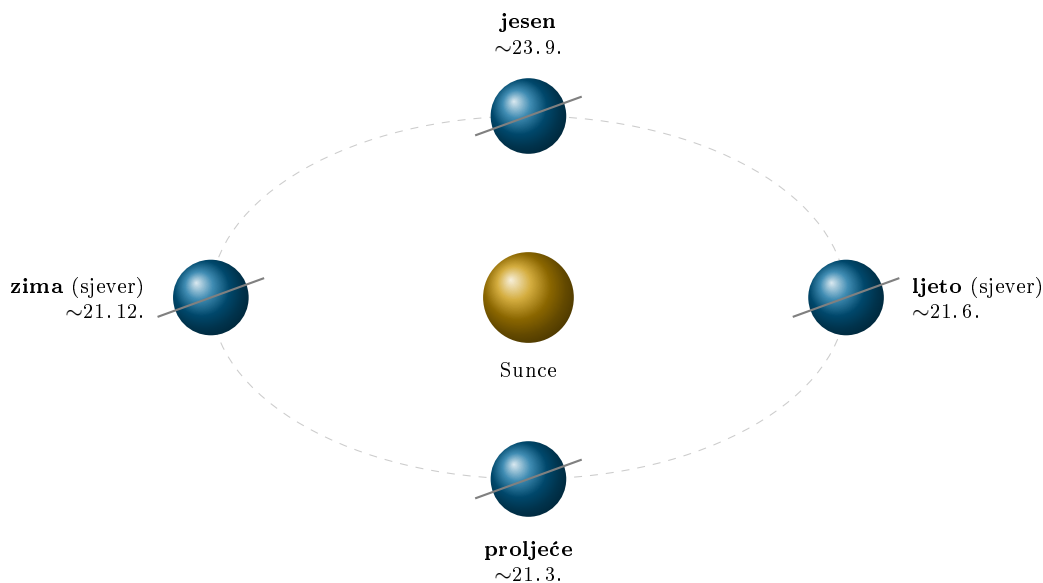
#### Revolucija

**Revolucija** je kruženje Zemlje oko Sunca. Jedan puni obilazak traje **oko 365 dana**, što zovemo *godina*.

### 3.3 Zašto postoje godišnja doba?

Mnogi misle da je ljeti toplije zato što je Zemlja tada bliže Suncu — ali to **nije** točno! Pravi je razlog *nagib Zemljine osi*. Os Zemlje uvijek je malo nagnuta (za otprilike  $23,5^\circ$ ) i tijekom cijele

godine pokazuje u isti smjer. Zato je u jednom dijelu godine sjeverna polovica Zemlje nagnuta *prema* Suncu (ljetno), a pola godine kasnije *od* Sunca (zimno).



Slika 3.2: Godišnja doba i nagib osi. Zemljina os uvijek je nagnuta u isti smjer. Kad je sjeverna polovica nagnuta *prema* Suncu (lijevo–desno na slici), kod nas je ljetno; pola godine kasnije nagnuta je *od* Sunca i nastupa zima. Razlika u udaljenosti od Sunca gotovo da nema veze s godišnjim dobima!

### Dva gibanja, dvije pojave

**Rotacija** (vrtanja oko osi,  $\approx 24$  h)  $\Rightarrow$  dan i noć.

**Revolucija** (kruženje oko Sunca,  $\approx 365$  dana) + **nagib osi**  $\Rightarrow$  godišnja doba.

### Primjer 3.1

Koliko se puta Zemlja okrene oko svoje osi tijekom jednog obilaska oko Sunca?

**Rješenje:** jedan okret traje jedan dan, a jedan obilazak traje oko 365 dana. Dakle Zemlja se okrene oko **365 puta** dok jednom obiđe Sunce — zato godina ima oko 365 dana.

### Zašto svake četiri godine imamo 29. veljače?

Zemlji za obilazak Sunca zapravo treba 365 dana i još otprilike 6 sati. Tih „dodatnih” šest sati godišnje ne bacamo — skupljaju se, pa nakon četiri godine narastu u cijeli dan. Tada u kalendar ubacimo dodatni dan, 29. veljače, i tu godinu zovemo *prijestupna*. Bez toga bi nam se kalendar polako „razišao” s godišnjim dobima.

### Pitanja i zadaci za ponavljanje

1. Što je rotacija Zemlje i koliko traje jedan puni okret? Koju pojavu ona uzrokuje?
2. Što je revolucija Zemlje i koliko traje jedan obilazak? Što tako određujemo?
3. Zašto na Zemlji postoje dan i noć? Izlazi li Sunce zaista, ili je to nešto drugo?

4. Tko je objasnio da se Zemlja vrti i kruži oko Sunca, a ne obrnuto?
5. Koji je pravi razlog godišnjih doba? Je li točno da je ljeti toplije jer smo bliže Suncu?
6. Kada je kod nas (na sjevernoj polovici) ljeto — kad je naša polovica nagnuta prema Suncu ili od njega?
7. Zašto svake četvrte godine imamo 29. veljače (prijestupnu godinu)?
8. (*Razmisli*) Kad je u Hrvatskoj ljeto, u Australiji (na južnoj polovici) je zima. Možeš li objasniti zašto, koristeći se slikom o nagibu osi?

Dio II

## Županijska razina

---

Na županijskoj razini učimo *kako odrediti gdje se nešto nalazi* — na Zemlji i na nebu. Baš kao što svako mjesto na Zemlji ima svoju „adresu” (koordinate), tako i svaka točka na nebu ima svoje mjesto na zamišljenoj *nebeskoj sferi*. To je temelj cijele astronomije.

## 4 | Osnovni pojmovi položajne astronomije

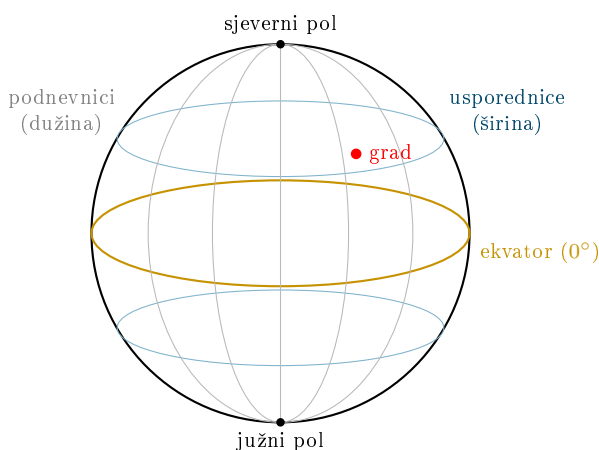
### 4.1 Koordinate na Zemlji

Kako reći prijatelju gdje se točno nalazi neki grad? Pomoću **geografskih koordinata**. Zamislimo da je Zemlja prekrivena mrežom crta: jedne idu vodoravno (usporednice), druge okomito (podnevnici). Pomoću njih svako mjesto ima jedinstvenu „adresu”.

#### Geografska širina i dužina

**Geografska širina** govori koliko je mjesto sjeverno ili južno od *ekvatora* (od  $0^\circ$  na ekvatoru do  $90^\circ$  na polovima).

**Geografska dužina** govori koliko je mjesto istočno ili zapadno od *početnog podnevnika* (koji prolazi kroz Greenwich u Engleskoj).



Slika 4.1: Mreža koordinata na Zemlji. Vodoravne crte (usporednice) mjere geografsku *širinu* — udaljenost od ekvatora. Okomite crte (podnevnici) mjere geografsku *dužinu* — udaljenost od početnog podnevnika. Svako mjesto na Zemlji određeno je svojom širinom i dužinom.

#### Kako su moreplovci nekoć znali gdje su?

Geografsku širinu mornari su lako određivali — izmjerili bi koliko je Sjevernjača visoko iznad obzora! No geografsku dužinu nisu mogli odrediti stoljećima, što je uzrokovalo brodolome. Tek kad je 1761. izrađen vrlo točan brodski sat (kronometar), mogli su je izračunati. Rješavanje tog problema bilo je toliko važno da je za njega bila raspisana golema novčana nagrada!

### 4.2 Nebeska sfera

Kad gledamo nebo, čini nam se da su sve zvijezde jednako daleko, kao da su zalijepljene na unutarnju stranu goleme kugle koja nas okružuje. Tu zamišljenu kuglu zovemo **nebeska sfera**. Naravno, zvijezde *nisu* stvarno jednako daleko — ali za snalaženje na nebu vrlo je korisno zamisliti ih tako.

### Nebeska sfera

**Nebeska sfera** je zamišljena golema kugla sa Zemljom u središtu, na koju kao da su „pričvršćene” sve zvijezde. Po njoj određujemo položaje nebeskih tijela, baš kao koordinatama na Zemlji.

#### 4.2.1 Osnovne točke i kružnice

Da bismo se snašli na nebeskoj sferi, uvodimo nekoliko osnovnih pojmova:

##### Osnovne točke i kružnice nebeske sfere

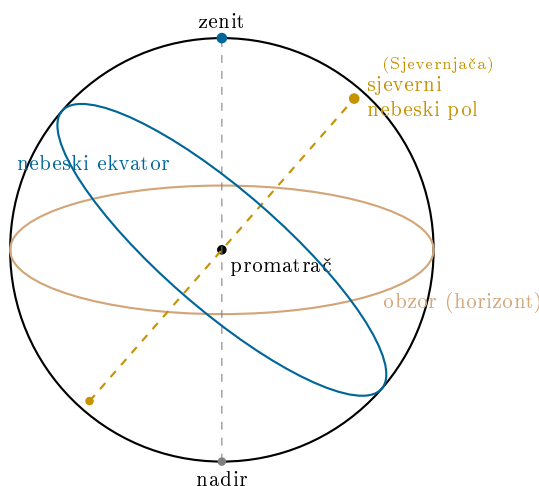
**Obzor (horizont)** — kružnica gdje se nebo „spaja” sa Zemljom.

**Zenit** — točka točno iznad naše glave.

**Nadir** — točka točno ispod nas (suprotno od zenita).

**Nebeski polovi** — točke oko kojih se nebo prividno okreće (sjeverni je blizu Sjevernjače).

**Nebeski ekvator** — kružnica na nebu točno iznad Zemljina ekvatora.



Slika 4.2: Nebeska sfera (shematski). Promatrač je u središtu. Iznad glave je *zenit*, ispod nogu *nadir*, a uokolo *obzor*. Nebo se prividno okreće oko *nebeskih polova* (sjeverni je blizu Sjevernjače). *Nebeski ekvator* je projekcija Zemljina ekvatora na nebo.

### Nebeska sfera nije stvarna — ali je korisna

Iako znamo da zvijezde nisu zalijepljene na neku kuglu (jedne su tisuću puta dalje od drugih!), zamisao nebeske sfere stara je tisućama godina i koristimo je i danas. Razlog je jednostavan: za pronalaženje zvijezde na nebu nije nas briga koliko je daleko — važno je samo *u kojem je smjeru*. A smjer savršeno opisuje točka na nebeskoj sferi.

### Pitanja i zadaci za ponavljanje

1. Čemu služe geografske koordinate? Nabroji dvije.
2. Što mjeri geografska širina, a od čega se mjeri? A geografska dužina?
3. Kroz koji grad prolazi početni (nulti) podnevnik?

4. Kako su moreplovci nekoć lako određivali geografsku širinu? (*Uputa: sjeti se Sjevernjače.*)
5. Što je nebeska sfera? Jesu li zvijezde zaista jednako daleko od nas?
6. Što je zenit, a što nadir?
7. Što je obzor (horizont)?
8. Blizu koje se zvijezde nalazi sjeverni nebeski pol?
9. (*Razmisli*) Zašto astronomima nije važno koliko je zvijezda daleko kad je samo žele pronaći na nebu? Što im je jedino važno?

Dio III

## Državna razina

---

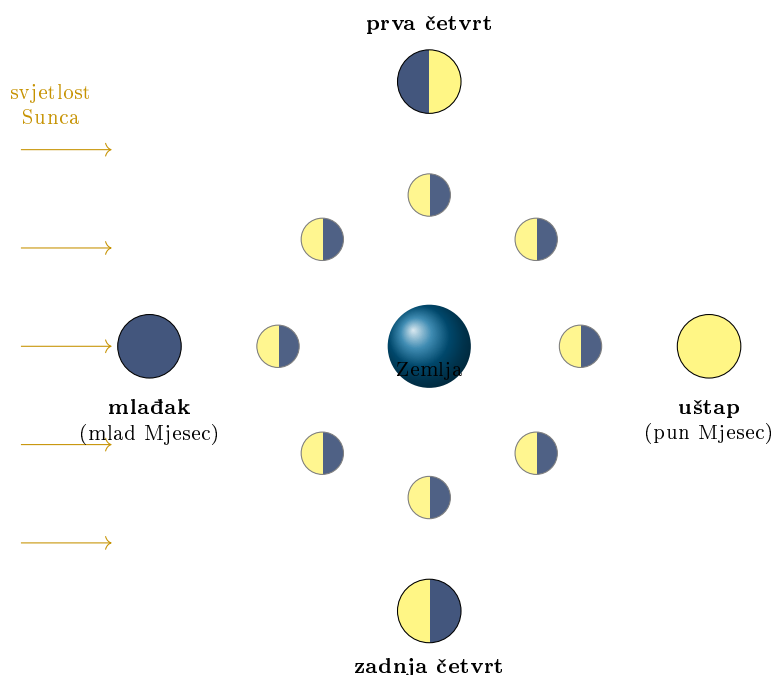
Na državnoj razini upoznajemo svoje najbliže susjede u svemiru: **Mjesec**, koji kruži oko Zemlje, te ostale **planete** Sunčeva sustava. Nećemo učiti brojeve napamet — važnije je steći osjećaj za *red veličine*: što je golemo, a što sićušno, što blizu, a što nezamislivo daleko.

## 5 | Sustav Zemlja–Mjesec

**Mjesec** je Zemljin jedini prirodni pratitelj (satelit) i naš najbliži susjed u svemiru. Kruži oko Zemlje, a zajedno kružimo oko Sunca. Mjesec ne svijetli sam — vidimo ga samo zato što ga obasjava Sunce, baš kao i planete.

### 5.1 Mjesečeve mijene (faze)

Tijekom mjeseca dana izgled Mjeseca na nebu se mijenja: od tankog „srpa” do punog kruga i natrag. Te promjene zovemo **mjesečeve mijene** ili faze. Zašto se događaju? Zato što Mjesec kruži oko Zemlje, pa s različitih položaja vidimo različito velik dio njegove osvijetljene strane.



Slika 5.1: Mjesečeve mijene. Sunce (lijevo) uvijek obasjava polovicu Mjeseca. Kako Mjesec kruži oko Zemlje, s nje vidimo različit dio te osvijetljene polovice: kad je Mjesec između nas i Sunca, ne vidimo osvijetljenu stranu (*mladak*); kad je nasuprot Suncu, vidimo je cijelu (*uštap*). Između su četvrti i srpovi.

#### Četiri glavne mijene

**Mladak** (mlad Mjesec) — ne vidimo ga (između Zemlje i Sunca).

**Prva četvrt** — vidimo desnu polovicu osvijetljenu.

**Uštap** (pun Mjesec) — vidimo cijeli osvijetljeni krug.

**Zadnja četvrt** — vidimo lijevu polovicu osvijetljenu.

Cijeli krug mijena traje oko 29 i pol dana — otprilike jedan mjesec. Po Mjesecu je i nazvan!

### 5.2 Uvijek ista strana Mjeseca

Zanimljivo je da s Zemlje uvijek vidimo *istu stranu* Mjeseca. To je zato što Mjesec napravi jedan okret oko svoje osi za točno isto vrijeme za koje jednom obiđe Zemlju. „Drugú stranu” Mjeseca

ljudi nikad nisu vidjeli sve dok je 1959. nije snimila svemirska letjelica.

#### Plima i oseka — Mjesec povlači more

Mjesec svojom privlačnom silom blago poteže Zemljine oceane prema sebi. Zato se razina mora diže i spušta dvaput na dan — to su **plima** i **oseka**. Dakle Mjesec, iako je daleko, svakodnevno pomiče goleme količine mora na Zemlji! Najveće plime događaju se za mlađaka i uštapa, kad Sunce i Mjesec potežu zajedno.

### 5.3 Pomrčine

Ponekad se Sunce, Zemlja i Mjesec poslažu u ravnu crtu. Tada nastaju **pomrčine**:

#### Pomrčina Sunca i Mjeseca

**Pomrčina (eklipsa) Sunca** — Mjesec se nađe *između* Sunca i Zemlje i zakloni nam Sunce (događa se za mlađaka).

**Pomrčina (eklipsa) Mjeseca** — Zemlja se nađe *između* Sunca i Mjeseca, pa Mjesec uđe u Zemljinu sjenu (događa se za uštapa).

#### Sretna podudarnost

Sunce je oko 400 puta veće od Mjeseca, ali je i oko 400 puta dalje — pa nam na nebu izgledaju gotovo *jednako veliki*! Baš zbog te slučajnosti Mjesec za pomrčine može točno prekriti Sunce. Da je Mjesec malo manji ili dalji, potpune pomrčine Sunca ne bismo nikad vidjeli. Mi živimo u pravo vrijeme da uživamo u tom prizoru.

#### Pitanja i zadaci za ponavljanje

1. Što je Mjesec? Svijetli li sam ili ga nešto obasjava?
2. Zašto se izgled Mjeseca mijenja tijekom mjeseca? Kako zovemo te promjene?
3. Nabroji četiri glavne mjesečeve mijene. Kada Mjesec ne vidimo, a kada ga vidimo cijelog?
4. Koliko otprilike traje cijeli krug mijena? S čime je to povezano?
5. Zašto s Zemlje uvijek vidimo istu stranu Mjeseca?
6. Što su plima i oseka i tko ih uzrokuje?
7. Objasni razliku između pomrčine Sunca i pomrčine Mjeseca. Što se kod svake nalazi u sredini?
8. (*Razmisli*) Sunce je mnogo veće od Mjeseca, a ipak nam na nebu izgledaju jednako veliki. Kako je to moguće?

## 6 | Planetni sustav — osjećaj za veličine

Naš **Sunčev sustav** čine Sunce i osam planeta koji kruže oko njega, zajedno sa svojim mjesecima te mnoštvom malih tijela (asteroida i kometa). U ovom poglavlju nije važno učiti brojeve napamet — važno je steći *osjećaj za red veličine*: što je veliko, a što maleno, što blizu, a što daleko.

### 6.1 Osam planeta i njihov red

Planeti kruže oko Sunca, svaki po svojoj stazi. Od Sunca prema van redaju se ovako:

#### Planeti od Sunca prema van

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

... asteroidni pojas ...

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

#### Kako zapamtiti redoslijed?

Pomaže rečenica u kojoj svaka riječ počinje istim slovom kao planet: „*Moja Vesela Zebra Maše Jutarnjem Suncu U Neboderu*” — Merkur, Venera, Zemlja, Mars, Jupiter, Saturn, Uran, Neptun. Smisli i ti svoju smiješnu rečenicu — tako ćeš redoslijed zapamtiti zauvijek!

### 6.2 Dvije vrste planeta

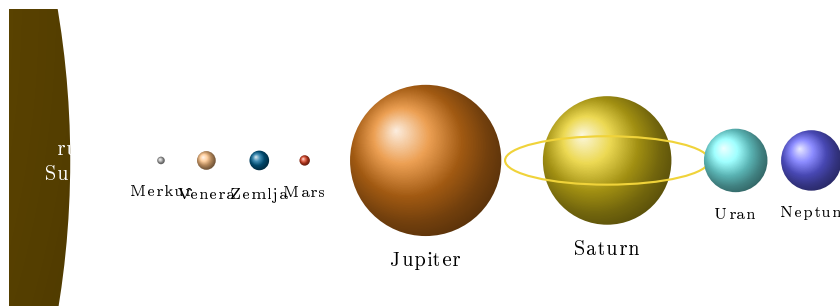
#### Kameniti i plinoviti planeti

**Kameniti (mali) planeti** — Merkur, Venera, Zemlja, Mars: maleni su, čvrsti, blizu Sunca.

**Plinoviti (veliki) planeti** — Jupiter, Saturn, Uran, Neptun: golemi su, nemaju čvrstu površinu, daleko su od Sunca. *Jupiter* je najveći planet.

### 6.3 Koliko su planeti veliki?

Najbolji način da osjetiš veličine jest usporedba. Pogledaj sliku: kameniti planeti (uključujući našu Zemlju) sićušni su u usporedbi s plinovitim divovima — a svi zajedno su patuljci pokraj Sunca!



Slika 6.1: Veličine planeta (u međusobnom mjerilu; udaljenosti *nisu* u mjerilu). Kameniti planeti — Merkur, Venera, Zemlja, Mars — sićušni su pokraj plinovitih divova Jupitera i Saturna. A svi su planeti tek mrvice pokraj Sunca, kojemu se ovdje vidi samo dio ruba!

### Milijun Zemalja u Suncu

Sunce je toliko golemo da bi u njega stalo više od **milijun** Zemalja! Iako je Jupiter najveći planet, Sunce je još desetak puta šire od njega. A opet, Sunce je samo prosječna zvijezda — ima zvijezda toliko velikih da bi progutale cijelu stazu Zemlje oko Sunca.

## 6.4 Koliko su planeti daleko?

Svemir je uglavnom *prazan prostor*. Planeti su sićušni, a razdaljine među njima goleme. Zato slike u knjigama, na kojima su planeti zbijeni jedan do drugoga, daju potpuno krivu sliku — u stvarnosti su nevjerojatno razmaknuti.

### Igra koraka — osjećaj za udaljenosti

Zamisli da je udaljenost od Zemlje do Sunca samo **jedan korak**. Tada bi:

- Mars bio udaljen oko 1,5 koraka,
- Jupiter oko 5 koraka,
- Saturn oko 10 koraka,
- a Neptun čak oko **30 koraka**!

A do najbliže *zvijezde* morao bi prijeći oko 270 000 koraka — gotovo dvaput oko cijele Zemlje!

### Putovanje do Sunca autom

Kad bi se moglo voziti autom do Sunca brzinom 100 km/h, bez zaustavljanja, putovanje bi trajalo oko **170 godina**! Do Marsa bi (kad je najbliže) trebalo oko 60 godina. Svemirske su udaljenosti tolike da ih je teško i zamisliti — zato astronomi koriste posebne velike jedinice za mjerenje.

### Pitanja i zadaci za ponavljanje

1. Što čini Sunčev sustav? Koliko planeta ima?
2. Nabroji planete redom od Sunca prema van.
3. Po čemu se razlikuju kameniti i plinoviti planeti? Navedi koji pripadaju kojoj skupini.
4. Koji je planet najveći? Je li veći ili manji od Sunca?
5. Otprilike koliko bi Zemalja stalo u Sunce?
6. Je li svemir uglavnom pun ili prazan? Daju li slike u knjigama (na kojima su planeti zbijeni) točnu sliku stvarnih udaljenosti?
7. Ako je Zemlja udaljena od Sunca „jedan korak”, koliko je koraka približno udaljen Neptun?
8. (*Razmisli*) Zašto astronomi za mjerenje udaljenosti u svemiru ne koriste metre i kilometre, nego mnogo veće jedinice? (*Uputa: sjeti se koliko bi trajalo putovanje autom do Sunca.*)

## 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 — Opći pojmovi o svemiru

1. Svemir je sve što postoji — sve zvijezde, planeti, mjeseci, galaksije i prostor među njima. **Astronomija** je znanost koja proučava svemir; riječ dolazi od grčkih riječi *astron* (zvijezda) i *nomos* (zakon).
2. **Zvijezda** je užarena kugla plina koja *sama svijetli* (npr. Sunce). **Planet** je tijelo koje kruži oko zvijezde i *ne svijetli samo*, nego ga obasjava zvijezda (npr. Zemlja). Dakle, zvijezda svijetli sama, a planet ne.
3. Jer ga obasjava Sunce. Mjesec je hladan i ne stvara vlastitu svjetlost — vidimo samo Sunčevu svjetlost koja se od njega odbija.
4. Galaksija je golem skup od mnogo milijardi zvijezda povezanih privlačnom silom. Naša se galaksija zove **Mliječna staza**.
5. Zemlja < Sunčev sustav < galaksija (Mliječna staza) < svemir.
6. Sunce je **zvijezda** — užarena je kugla plina koja sama svijetli i grije. (Planeti, poput Zemlje, kruže oko njega i ne svijetle sami.)
7. Ona koja *treperi* vjerojatno je zvijezda, a ona koja *mirno svijetli* vjerojatno je planet. (Zvijezde su tako daleke da nam se njihova svjetlost čini kao da titra, dok planeti mirnije svijetle.)

## Poglavlje 2 — Astronozija

1. Zviježđe je skupina zvijezda koje na nebu tvore prepoznatljiv lik. **Ne** — te zvijezde uglavnom nisu blizu jedna drugoj u svemiru; samo nam se tako čini jer ih gledamo iz istog smjera.
2. To je **Veliki medvjed** (Ursa Major). Čini ga **sedam** svijetlih zvijezda (Velika kola).
3. Pronadeš sedam zvijezda Velikih kola, a zatim kroz dvije „prednje” zvijezde (**Merak** i **Dubhe**, zvane *pokazivačice*) povučeš zamišljenu crtu prema gore — ona vodi do Sjevernjače.
4. Jer gotovo uvijek stoji na istom mjestu i pokazuje smjer **sjevera**; pomoću nje se ne možeš izgubiti. Uvijek pokazuje prema sjeveru.
5. Cirkumpolarno zviježđe je ono koje s nekog mjesta *nikad ne zalazi* — cijelu se noć okreće oko nebeskog pola (Sjevernjače). Primjer: Veliki medvjed (ili Mali medvjed, Kasiopeja).
6. Po trima zvijezdama u nizu koje čine **Orionov pojas**.
7. **Betelgez** (crvena) i **Rigel** (plava). Boja otkriva temperaturu: *crvene* zvijezde su hladnije, a *plave* su vruće.
8. Najsajjnija je **Sirius**. Zimski šesterokut vidljiv je **zimi**.
9. (Crtež.) Orion ima tri zvijezde pojasa u sredini, dva ramena gore i dvije noge dolje. **Betelgez** je gore lijevo (rame), a **Rigel** dolje desno (noga).

## Poglavlje 3 — Zemljina rotacija i revolucija

1. Rotacija je vrtnja Zemlje oko svoje osi; jedan puni okret traje **oko 24 sata** (jedan dan). Uzrokuje **izmjenu dana i noći**.

2. Revolucija je kruženje Zemlje oko Sunca; jedan obilazak traje **oko 365 dana** (jedna godina). Tako određujemo trajanje **godine**.
3. Jer Sunce obasjava samo jednu polovicu Zemlje (dan), dok je druga u tami (noć). Sunce zapravo *ne izlazi* — to se **Zemlja vrti** prema Suncu, pa nam se čini da Sunce izlazi i zalazi.
4. **Nikola Kopernik**.
5. Pravi razlog je **nagib Zemljine osi**. **Nije** točno da je ljeti toplije zato što smo bliže Suncu — udaljenost gotovo da nema veze s godišnjim dobima.
6. Kad je naša polovica nagnuta **prema Suncu**.
7. Jer Zemlji za obilazak Sunca treba 365 dana *i još oko 6 sati*. Ti se sati nakon četiri godine zbroje u cijeli dan, koji tada dodamo kao 29. veljače (prijestupna godina).
8. Jer su sjeverna i južna polovica Zemlje suprotno nagnute: kad je sjeverna nagnuta prema Suncu (ljetu kod nas), južna je nagnuta od Sunca (zima u Australiji), i obrnuto.

## Poglavlje 4 — Osnovni pojmovi položajne astronomije

1. Služe za određivanje točnog položaja („adrese”) nekog mjesta na Zemlji. Dvije su: geografska **širina** i geografska **dužina**.
2. Geografska **širina** mjeri koliko je mjesto sjeverno ili južno od *ekvatora*. Geografska **dužina** mjeri koliko je istočno ili zapadno od *početnog podnevnika*.
3. Kroz **Greenwich** (u Engleskoj).
4. Izmjerali bi koliko je **Sjevernjača** visoko iznad obzora — iz toga su znali svoju geografsku širinu.
5. Nebeska sfera je zamišljena golema kugla sa Zemljom u središtu, na koju kao da su pričvršćene sve zvijezde. **Ne** — zvijezde nisu zaista jednako daleko; samo nam se tako čini.
6. **Zenit** je točka točno iznad naše glave, a **nadir** točka točno ispod nas (suprotno od zenita).
7. Obzor (horizont) je kružnica na kojoj se nebo prividno „spaja” sa Zemljom.
8. Blizu **Sjevernjače** (Polaris).
9. Jer ju žele samo pronaći na nebu, a za to je važan jedino **smjer** u kojem se nalazi — a smjer opisuju točka na nebeskoj sferi, bez obzira na udaljenost.

## Poglavlje 5 — Sustav Zemlja–Mjesec

1. Mjesec je Zemljin jedini prirodni pratitelj (satelit). **Ne svijetli sam** — obasjava ga Sunce.
2. Jer Mjesec kruži oko Zemlje, pa s različitih položaja vidimo različito velik dio njegove osvijetljene strane. Te promjene zovemo **mjesečeve mijene (faze)**.
3. Mlađak, prva četvrt, uštap, zadnja četvrt. Mjesec *ne vidimo* za **mlađaka**, a vidimo ga cijelog (puni krug) za **uštapa**.
4. **Oko 29 i pol dana** — otprilike jedan mjesec (po Mjesecu je mjesec i dobio ime).
5. Jer Mjesec napravi jedan okret oko svoje osi za točno isto vrijeme za koje jednom obiđe Zemlju.
6. Plima i oseka su dizanje i spuštanje razine mora. Uzrokuje ih **Mjesec** svojom privlačnom silom (uz pomoć Sunca).

7. Kod **pomrčine Sunca** u sredini je **Mjesec** (između Sunca i Zemlje, pa nam zakloni Sunce). Kod **pomrčine Mjeseca** u sredini je **Zemlja** (između Sunca i Mjeseca, pa Mjesec uđe u Zemljinu sjenu).
8. Jer je Sunce oko 400 puta veće od Mjeseca, ali i oko 400 puta dalje. Te se dvije stvari „ponište”, pa nam na nebu izgledaju gotovo jednako veliki.

## Poglavlje 6 — Planetni sustav

1. Sunčev sustav čine Sunce, planeti s mjesecima te mala tijela (asteroidi, kometi). Ima **osam** planeta.
2. Merkur, Venera, Zemlja, Mars, Jupiter, Saturn, Uran, Neptun.
3. **Kameniti** planeti su mali, čvrsti i blizu Sunca (Merkur, Venera, Zemlja, Mars). **Plinoviti** su golemi, bez čvrste površine i daleko od Sunca (Jupiter, Saturn, Uran, Neptun).
4. Najveći je **Jupiter**. Ipak je mnogo *manji* od Sunca.
5. Više od **milijun** Zemalja.
6. Svemir je uglavnom **prazan**. Slike u knjigama (na kojima su planeti zbijeni jedan do drugoga) *ne* daju točnu sliku — u stvarnosti su planeti nevjerojatno razmaknuti.
7. Oko **30 koraka**.
8. Jer su udaljenosti u svemiru tolike da bi brojevi u kilometrima bili ogromni i nepregledni (npr. vožnja autom do Sunca trajala bi oko 170 godina). Zato astronomi koriste mnogo veće jedinice.