

# **MINERALOGIJA I PETROGRAFIJA**

**Studijski program GEOGRAFIJA**

**Godina I, Semestar I**

**OKTOBAR, 2020.**

**(2) – Nastanak i opšta svojstva zemlje kao planete**

*dr Slobodan Radusinović, naučni saradnik UCG*

## Predavanja pripremljena na osnovu:

---

- V. JOVANOVIĆ I D. SREĆKOVIĆ-BATOČANIN: **OSNOVI GEOLOGIJE**, ZAVOD ZA UDŽBENIKE – BEOGRAD, 2009  
M. RADULOVIĆ: **OSNOVI GEOLOGIJE**, UNIVERZITET CRNE GORE, GRAĐEVINSKI FAKULTET, PODGORICA, 2003  
B. GLAVATOVIĆ: **OSNOVI GEONAUKA**, SEIZMOLOŠKI ZAVOD CRNE GORE, PODGORICA, 2005  
D. MILOVANOVIĆ: **OSNOVI PETROLOGIJE**, BEOGRAD, 2011 (NIJE PUBLIKOVANO)  
S. IVANOVIĆ I G. NIKOLIĆ: **AUTORIZOVANA PREDAVANJA**, NIKŠIĆ, 2016/2017 (NIJE PUBLIKOVANO)
- 

### **2. NASTANAK I OPŠTA SVOJSTVA ZEMLJE KAO PLANETE**

Geologija, Planetarna geologija, Astrogeologija

Sunce i sunčev sistem

Zemlja

Nastanak i građa Zemlje

Oblik i veličina Zemlje

Fizičke i hemijske karakteristike Zemlje

Seizmičnost i diskontinuiteti Zemlje

---

# NASTANAK I OPŠTA SVOSTVA ZEMLJE KAO PLANETE

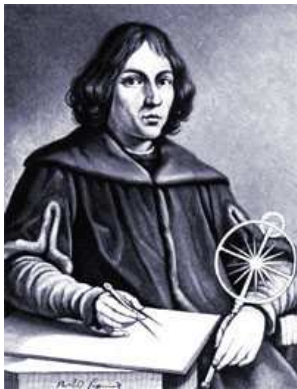
## - GEOLOGIJA, PLANETARNA GEOLOGIJA, KOSMOLOGIJA -

**Geologija** - kompleksna prirodna nauka koja proučava Zemlju u cjelini, odnosno postanak, sastav, strukturu i historijski razvoj litosfere i procese koji su se događali ili se događaju u njenoj unutrašnjosti i na njenoj površini.

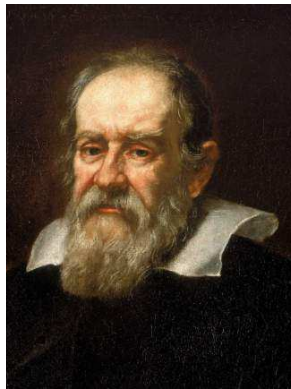
**Planetarna geologija (Astrogeologija)** – naučna disciplina čiji je predmet proučavanja geologija nebeskih tijela (planete, prirodni sateliti, asteroidi, komete, meteoriti), kao i unutrašnja struktura planeta, planetarni vulkanizam, površinski procesi na planetama.

**Kosmologija** – proučava i pokušava da objasni nastanak i evoluciju svemira, odnosno bavi se porijeklom, svojstvima i razvojem svemira u cjelini.

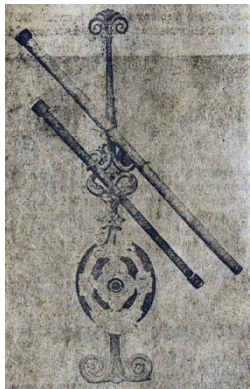
- Astronomi stare Grčke postavljali su Zemlju u centar Univerzuma – *geocentrični sistem*
- Nikola Kopernik iznosi ideju da Zemlja i druge planete rotiraju oko Sunca – *heliocentrični sistem*
- Galileo Galilei konstruiše prvi teleskop za posmatranje i proučavanje Mjeseca i planeta i dokazuje ispravnost Kopernikovog učenja
- Johan Kepler je zaslužan za razvoj savremene Kosmologije kroz formulisanje i danas važećih zakona kretanja planeta oko Sunca



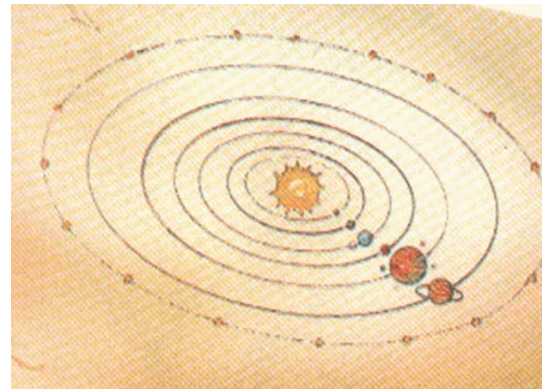
Nikola Kopernik (1473-1543.)



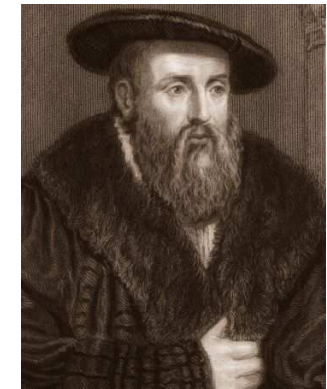
Galileo Galilei (1564-1642.)



Galilejev teleskop



Galilejev heliocentrični sistem



Johan Kepler (1571-1630.)

**Kosmos** je stvoren prije oko 13,7 milijardi godina iz jedne tačke koja je počela da se širi, hipoteza –**Veliki prasak**.

Veliki prasak se dogodio u nemjerljivo kratkom vremenu iz tačke nemjerljive gustine.



*Veliki prasak*

Hipoteza Veliki prasak sadrži relevantne činjenice koje trenutno znamo o Svemiru... ne objašnjava zašto se dogodio prasak, ne predviđa koliko ima materije u svemiru i kakvom je obliku, ali...

daje odgovore na Hablov zakon (*brzina udaljavanja veoma udaljenih galaksija srazmjerna je njihovoj međusobnoj udaljenosti-matematička formulacija*), kosmičko mikrotalasno zračenje, prisustvo i količinu lakih elemenata u Svemiru...

Svemir je odmah nakon stvaranja počeo da se hladi i širi noseći sa sobom svemirsku materiju.

U okviru nukleosinteze nastao je **vodonik** element u čijem je jezgru jedan proton oko koga se okreće jedan elektron.

Kasnijim nuklearnim reakcijama nastali su **helijum** i **litijum**, a tek kasnije i ostali hemijski elementi – u vremenu kada su stvarane prve galaksije odnosno zvijezde koje su imale svoju nukleosintezu.

Vasionski prostor (Svemir, Vasiona, Kosmos) ispunjen je brojnim zvijezdama, maglinama i njihovim skupovima koje nazivamo **galaksijama** i **metagalaksijama**:

**zvijezde** -nebeska tijela visoke temperature, svjetlosti i zračenja, energiju crpe nuklearnim fuzionim procesima uzrokovanim snažnom gravitacijom iz vrelog jezgra,

zvijezde su stvorene oko milijardu godina nakon velikog praska,

**galaksije** zvjezdani sistemi, naša galaksija - **Mliječni put** ( $\geq 300$  milijardi zvijezda, prečnika milion svjetlosnih godina),

**crne rupe** neistražena nebeska tijela, čine 90 % nevidljive mase Vasiona, smatra se da imaju veliku masu koja je sabijena na malom prostoru a time i snažnu gravitaciju.



*Mjesto gdje se rađaju zvijezde, Slika iz materijala Prof. dr D. Milovanovića, 2011*



*Par galaksija NGC 2207 i IC 2163, snimljenih teleskopom Hابل 1999. godine, Iz: Osnovi Geonauka, Prof. dr B. Glavatović*

# Sunce i Sunčev sistem

Brojne su hipoteze o nastanku planetarnih sistema pa i Sunčevog sistema:

- Rene Dekart, 1644.
- Žorž Luj Bufon, 1745.
- Imanuel Kant, 1755.
- Švedeborg, 1758.
- Pjer Simon Laplas, 1796.
- Multon-Čembrlen, poč. 20 vijeka
- Darwin, Poenkare i Dž. Džins, 1905-1917.
- Džins, Džefri i Čembrlen, 1917-1925.
- Fred Hojl, 1944.
- Alfen, 1942.
- Vajcaker, 1944.
- O. J. Šmit, 1950.
- G. Kjunper, 1951.
- Alfren, 1970.
- H. Juri, 1952, 1972.
- Vojtkjevič, 1979. i dr.

O načinu postanka planetarnih sistema postoje tri principijelno različite grupe hipoteza:

- 1) nastanak iz hladne kosmičke magline,
- 2) nastanak iz vrela magline i
- 3) hipoteza sudara tijela.

**Kant-Laplasova hipoteza** - Sunčev planetarni sistem vodi porijeklo od jedne ogromne loptaste pramagline, koja se sastojala od jako razređenih čestica. Usled stalnog kretanja i sudaranja čestica, dolazi do njihovog međusobnog grupisanja i sjedinjavanja.

Prvobitna spiralna maglina, hlađenjem je postajala sve gušća, čime je rasla njena privlačna snaga.

Usled stalne rotacije i djelovanja centrifugalne sile, maglina je dobila oblik spljoštenog elipsoida. U ekvatorijalnoj ravni te magline odvojio se tanji prstenasti pojas od kojeg su potom nastale planete Sunčevog sistema, pa među njima i Zemlja.

Ovako formirana nova nebeska tijela ostala su i dalje pod dejstvom privlačne sile pramagline a kasnije Sunca. Osnovnu masu (pramaglinu) danas predstavlja Sunce a otkinute djelove planete.

**Muiton-Čemberlenova hipoteza** - polazi od postavke da su samo katastrofalni događaji doveli do stvaranja planeta.

Praćenjem površine Sunca i pojava koje se dešavaju na njoj prema ovoj hipotezi: Veoma izraženi plamenovi usijane mase od Sunca, koji se izdižu iznad njegove površine, povremeno se kidaju i lete u vasionu.

Nailazak zvijezde u prolazu snažno je djelovao na ove vatrene plamenove, tako da je u momentu prolaska pored Sunca, povukao za sobom jedan dio Sunčeve mase (koji su i dalje ostali u domenu gravitacionog dejstva Sunca) od kojih je došlo do obrazovanja planeta.

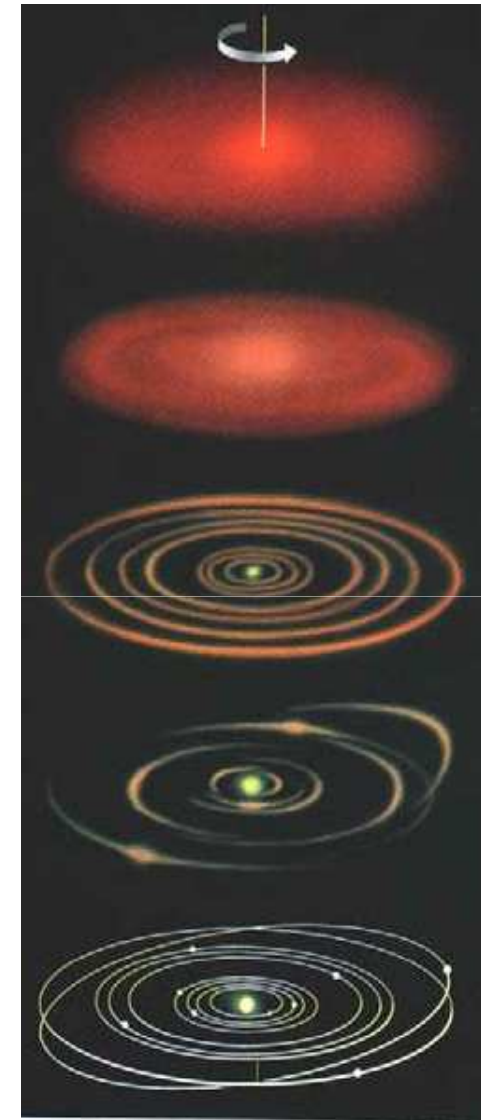
**Džems-Džinsova kondenzaciono-plimatska hipoteza** - odvajanje planeta Sunčevog sistema od prvobitne mase Sunca, izvršeno je plimatskim uticajem gravitacionog privlačenja neke džinovske zvijezde, čija je masa bila mnogo veća od Sunčeve mase. Zvijezda je svojim plimatskim dejstvom otkinula od Sunca jedan dio gasovite materije, ali ga je, kada je njeno plimatsko dejstvo oslabilo, ostavila i sama dalje nastavila put u vasionu.

Ovaj otkinuti dio je zbog suprotnog dejstva Sunčeve privlačne sile i plimatskog dejstva zvijezde, koja je prošla pored Sunca zadobio i zdužen vretenast oblik u kome su krajevi od sitnih a sredina od krupnih djelova.

**Šmitova hipoteza** - Zemlja je postala od džinovskog hladnog gasno-prašinstog oblaka i meteorita. Šmit smatra da je Sunce prilikom svog kretanja, naišlo na svom putu na oblake prašine, gasova i meteorita i da ih je svojom privlačnom snagom uvuklo u svoju orbitu. Sudaranjem ovih meteorita teži djelovi izgrađeni od gvožđa i teških elemenata, spuštali su se na veće dubine Zemlje, obrazujući jezgro, dok su lakši djelovi uzeli učešće u građi litosfere.

## Sunce i Sunčev sistem

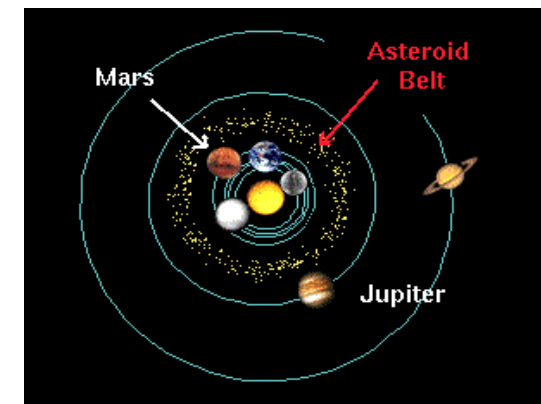
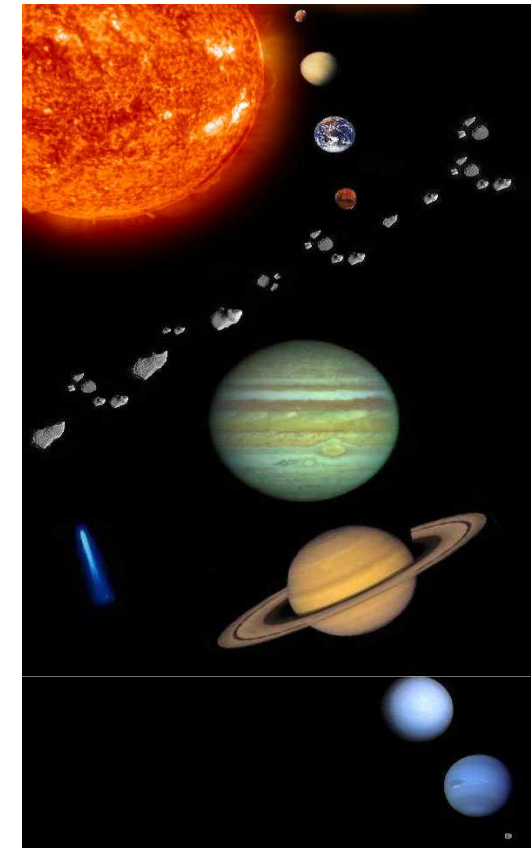
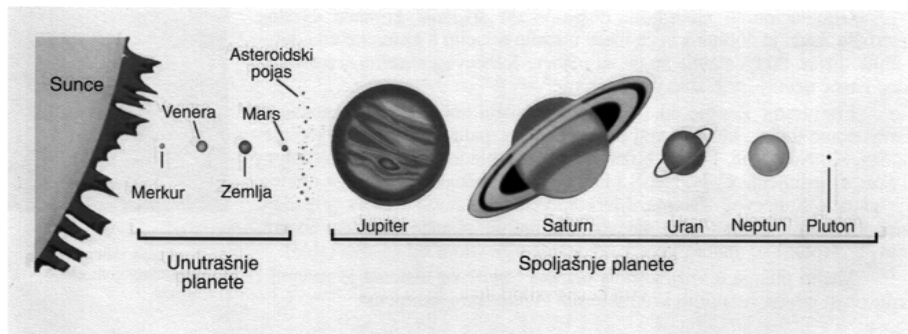
- Sunčev sistem je nastao hlađenjem gasne nebule, opšte prihvaćene hipoteze proistekle još od ideja I. Kant-a (1724-1804.) i P. S. Laplas-a (1749-1827.)
- Hlađenjem nebule, tj. oblaka prašine i gasa, čestice se sakupljaju, sljepljuju, rastu i počinju da kreću.
- Stvara se gravitaciona energija koja povećava masu tijela i ubrzava rotaciju.
- Nebula se skuplja, povećava se ugaona brzina čestica i oblak prašine i gasa dobija oblik diska.
- Usled gravitacije u središnjem delu nebule materijal se sabija pod sopstvenom težinom postajući gušći i topliji jer se gravitaciona energija u tim uslovima pretvara u toplotnu.
- Kada se dostigne temperatura za nuklearnu fisiju atomi vodonika prelaze u helijum oslobađajući ogromnu količinu energije.
- Za stvaranje nove zvijezde - Sunca utrošen je najveći dio nebule, a za njeno stvaranje bilo je potrebno oko 10 miliona godina.
- Ostatak nebule, tj. prašine i gasa se vrti oko Sunca
- Od gasova i prašine će nastati planete, asteroidi i komete.



Objašnjenje nastanka sunčevog sistema i slike iz materijala Prof. dr D. Milovanovića, 2011

## Sunce i Sunčev sistem

- Planete su nastale od ostatka nebule istovremeno sa stvaranjem Sunca ili odmah nakon stvaranja Sunca.
- Prašina i komadi stijena unutar diska se sudaraju, sljepljuju i narastaju stvarajući sve krupnija tijela od kojih se stvaraju planete.
- Njihovo vrijeme nastanka je kraće od vremena nastanka Sunca.
- Zavisno od položaja, tj. udaljenosti od Sunca nastale su dvije grupe planeta:
  - **terestične** (stjenovite) **planete** bliže Suncu, izgrađene od silikata i
  - **gasovite planete**, izgrađene od gasova (H, C, N, O itd.) ili njihovih jedinjenja.

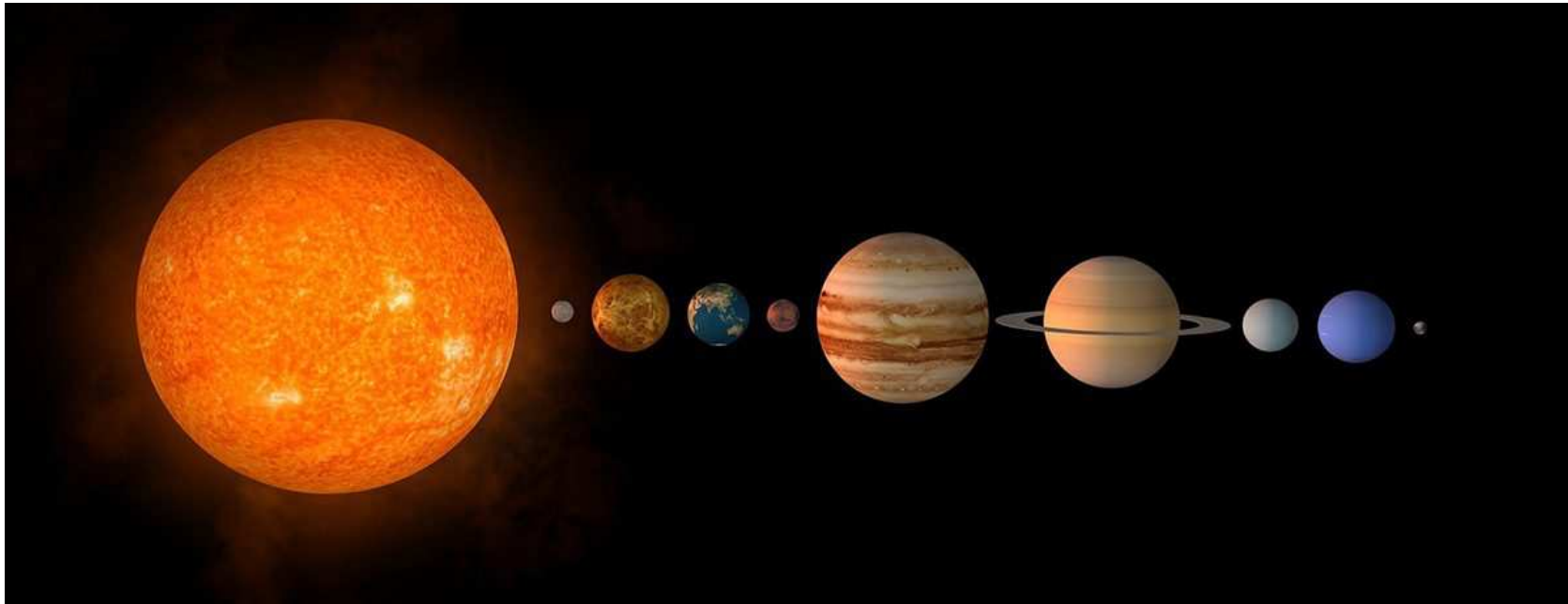


Slike iz materijala Prof. dr G. Nikolića



## Sunce i Sunčev sistem

- Terestične planete su siromašnije gasovima u odnosu na Sunčev sistem i gasovite planete. U terestičnu grupu planeta koje se nazivaju i **unutrašnje planete** jer su bliže Suncu spadaju: **Merkur, Venera, Zemlja i Mars.**
- U grupu gasovitih planeta koje se nazivaju i **spoljašnje** jer se dalje od Sunca u odnosu na terestične planete spadaju: **Jupiter, Saturn, Uran, Neptun.**



Slika: <https://sunsisteminfo.wordpress.com/tag/planeta/>

- Sunčev sistem se sastoji od jedne zvijezde, Sunca, 9 planeta, računajući i Pluton, koji se po strukturi razlikuje od ostalih, 63 mjeseca i velikog broja kometa, asteroida i međuplanetarnog prostora.



## Zemlja

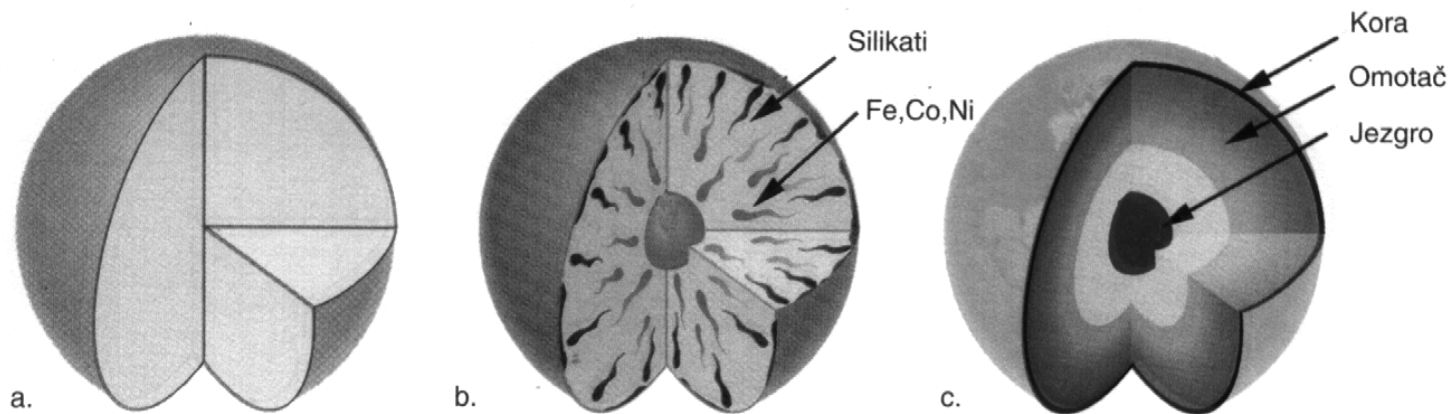
- Razvoj tehnologije i novih analitičkih metoda omogućio je bolje razumijevanje stvaranja Zemlje i planeta Sunčevog sistema. Ispitivanjem stijena, minerala, meteorita, ultramafitskih uklopaka iz Zemljinog omotača itd., uz astronomska, hemijska i geofizička istraživanja stvorene su nove hipoteze o nastanku i razvoju Zemlje i Sunčevog sistema.

## Nastanak Zemlje

- Obrazovanje Zemlje je dio procesa nastanka Sunčevog sistema. Mada postoje brojni modeli stvaranja, mehanizam solarne gasne nebule najbolje objašnjava stvaranje naše planete.
- Transformacijom gasne nebule u disk, bliže Suncu stvorene se **terestične** planete izgrađene od: Fe, Co, Ni, Mg, Ca, Si, Al, Na, O, K i td., koji se javljaju u elementarnom stanju ili grade silikate tj. stijene. Zemlja je stvorena od mješavine prašine, gasa i leda. Gravitacionim silama između čestica prašine formirani su komadi stijena, proces poznat kao hladno narastanje, **akrecija**.

## Nastanak Zemlje

- U procesu narastanja tijela su vremenom postajala veća i sve više privlačila komade stijena i prašinu iz nebule i tako brže rasla stvarajući **planetozimale** (*uniformni skupovi stijena i leda*). Kako su rasle povećavala se i sila gravitacije, pa su planetozimale bivale sve veće, čvršće i gušće. Međusobnim sudaranjem planetozimale su se razbijale ili grupisale sve dok se nije utrošio oblak prašine i gasa blizu orbite Zemlje.
- Kada je gravitaciono polje postalo dovoljno jako da izazove sabijanje u unutrašnjosti Zemlje, gravitaciona energija je prešla u toplotnu koja je bila dovoljna da stopi gvožđe koje je bilo u stijenama i koje je potom tonulo ka središnjem dijelu. Ovaj proces je oslobodilo i dodatnu količinu toplote za potpuno stapanje unutrašnjeg dijela naše planete. Nazvan je gvozdена katastrofa.



Sl. 2 Faze stvaranja zemlje:  
a. Primarna, nediferencirana zemlja  
b. Diferencijacija i akumulacija teških metala (Fe, Co, Ni...) ka jezgri i silikata u omotaču  
c. Sadašnja struktura Zemlje

Slika iz materijala Prof dr. Gojka Nikolića

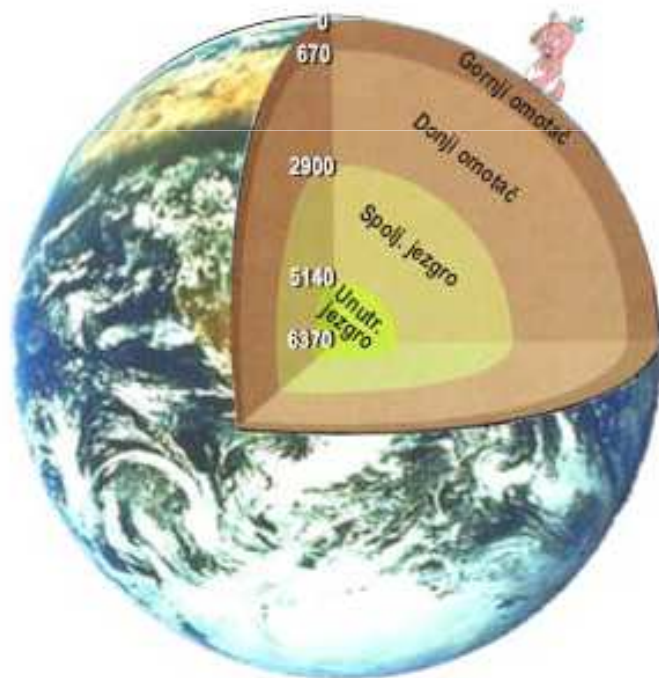
## Nastanak Zemlje

- Unutrašnje, terestične planete, kojima pripada i Zemlja dijelom su zadržale gasove od kojih su formirale atmosferu.
- Rastojanje planeta od Sunca odredilo je u kom obliku su ostali gasovi: kao atmosfera na Veneri, kao atmosfera i voda na Zemlji ili samo kao ledene kape na Marsu.
- Samo u pogodnim uslovima stvorio se život, na Zemlji, koji je promijenio sastav prvobitne atmosfere, izdvajanjem slobodnog kiseonika, ugljendioksida, azota i uz tektonske pokrete, omogućio intenzivnu eroziju. Na planetama gdje nema atmosfere, nema ni erozije, pa je njihova prvobitna morfologija ostala sačuvana. Atmosfera i voda su presudno uticale na stvaranje i održavanje života na našoj planeti.
- Prečnik Zemlje je 6370 km ali je mali dio nje dostupan direktnom osmatranju.
- Najdublji rudnici su na dubinama od oko 2500 m, a najdublja bušotina je oko 12 km. Zbog toga se za proučavanje sastava Zemlje i Zemljine kore koriste geohemijski podaci, podaci geofizičkih ispitivanja, podaci o sastavu meteorita, podaci dobijeni na živim vulkanima i, naravno, podaci ispitivanja stijena i minerala sa površine.
- U toku stvaranja naše planete vršilo se razlaganje, frakcionisanje i diferencijacija zbog čega je Zemlja dobila koncentričnu građu koju čine slojevi različitog hemijskog i mineralnog sastava i fizičko-mehaničkih osobina.
- Na osnovu petroloških, geohemijskih i geofizičkih proučavanja utvrđeno je da Zemlja ima slojeviti građu koju čine: **jezgro, omotač i kora.**

## Jezgro

- Jezgro je središnji dio Zemlje, između 2900 i 6370 km.
- Geofizička proučavanja ukazuju da je jezgro velike gustine, do  $13 \text{ g/cm}^3$ . Na osnovu hemijskog sastava **hondrita** pretpostavlja se da je izgrađeno od legure Fe i Ni u odnosu 16:1, ali je termodinamičkim proračunima utvrđeno da je manje gustine, vjerovatno zbog prisustva male količine lakih elemenata, sumpora, kiseonika, silicijuma.

Struktura Zemlje, Slika iz materijala  
Prof. Dr D. Milovanovića



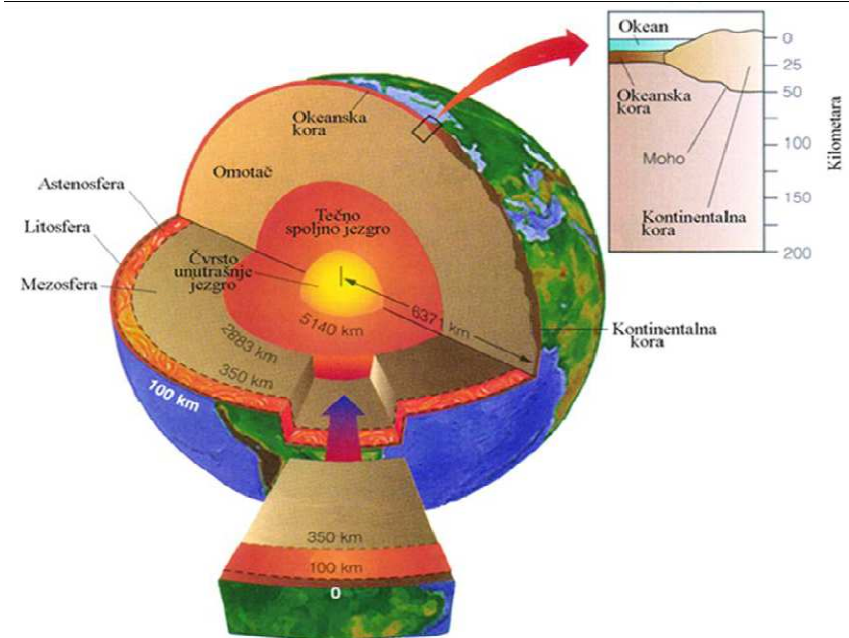
- Pretpostavlja se da je formiranje jezgra trajalo oko 500 miliona godina. Zemljino jezgro se dijeli na:
  - **unutrašnje jezgro** (između 5140 i 6370 km dubine) koje gradi samo 1.7% mase Zemlje i
  - **spoljašnje jezgro** (između 2900 i 5140 km) koje gradi 30,8% mase zemlje.
- I unutrašnje i spoljašnje jezgro su izgrađeni od Fe i Ni.
- Za unutrašnje jezgro se pretpostavlja da je **čvrsto**, a za spoljašnje da **tečno**.
- Temperature u unutrašnjem jezgru iznose oko  $5000^\circ\text{C}$ , na granici spoljašnjeg i unutrašnjeg jezgra je 4000 do  $5000^\circ\text{C}$ , a na granici sa Donjim omotačem  $3000\text{-}4000^\circ\text{C}$ .

## Omotač

- Omotač gradi oko 84% volumena, odnosno 67% mase Zemlje. Na osnovu hemijskog, odnosno mineralnog sastava i fizičkog stanja, dijeli se na **donji omotač** i **gornji omotač**. Razlike u sastavu gornjeg i donjeg omotača rezultat su geoloških procesa koje je kroz istoriju stvaranja prošla Zemlja. Donji omotač je dio Zemlje između 670 i 2900 km dubine i gradi 49,2% mase Zemlje.
- Gornji omotač je dio Zemlje od 670 km dubine do Moho diskontinuiteta (*zona u kojoj seizmički talasi naglo mijenjaju brzinu, nazvan prema hrvatskom naučniku Andriji Mohorovičiću*) koji se nalazi samo 20 do 60 km ispod nas i gradi 18% mase naše planete.

## Gornji omotač

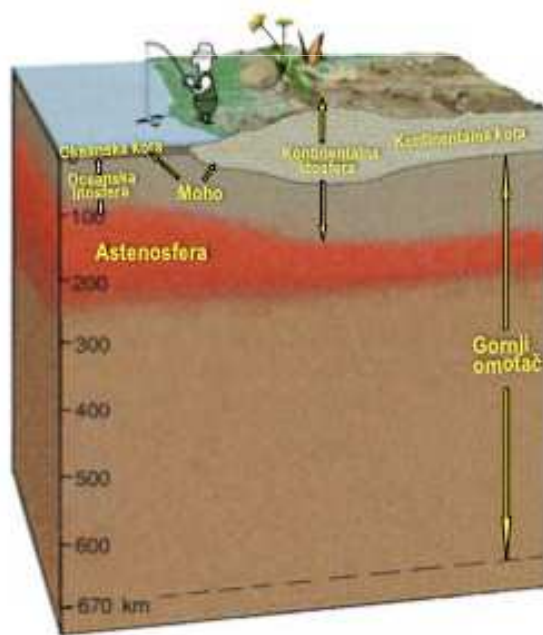
- U sastav gornjeg omotača ulazi i dio okeanske i kontinentalne litosfere.
- **Litosfera** je dio Zemlje iznad astenosfere, koju grade gornji dio gornjeg omotača i kora i može se posmatrati kao mozaik ploča koje su ograničene okeanskim riftovima, subdukcionim zonama i transformnim rasjedima.



Unutrašnja građa Zemlje, Slika iz  
Knjige Osnovi geologije, Jovanović i  
Srećković-Batočanin, 2009

## Gornji omotač

- **Astenosfera** je zona malih brzina seizmičkih talasa, zbog prisustva magmatskog rastopa, tj. izgrađena je od parcijalno stopljenih stena. Astenosfera, pošto je polutečna, omogućava kretanja okeanske i kontinentalne litosfere koje po njoj “plivaju”. Ispod kontinentalne litosfere astenosfera je debljine oko 30-50 km, dok je ispod okeanske litosfere deblja, do 100 km. U području razmicanja okeanske i kontinentalne litosfere astenosfera se nalazi na znatno manjim dubinama.
- **Litosfera** se na osnovu mineralnog i hemijskog sastava, strukture i fizičkomehaničkih svojstava dijeli na **okeansku litosferu** i **kontinentalnu litosferu**.



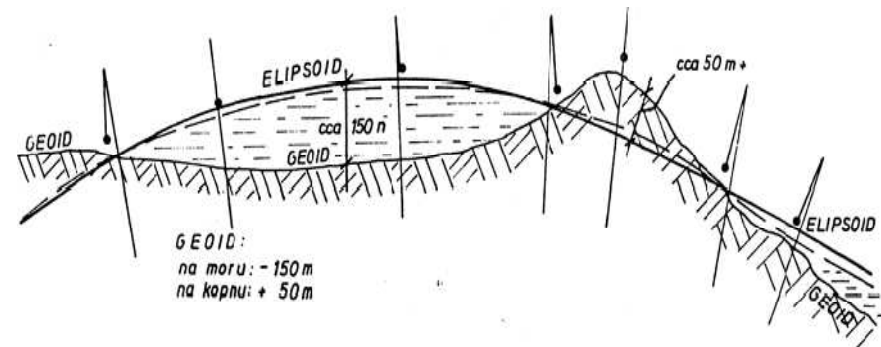
Gornji omotač, Slika iz materijala  
Prof. Dr D. Milovanovića

- **Okeanska litosfera** se nalazi ispod okeanskih područja u kojima je razvijen okeanski tip kore. Debljina okeanske litosfere varira od oko 50 km u zoni širenja ploča, do 125 km u područjima dalje od razmicanja ploča gdje je starija.
- **Kontinentalna litosfera** se nalazi ispod kontinentalna i znatno je starija od okeanske litosfere. Debljine je od oko 80 km do 200 km. Uglavnom je izgrađena je od metamornih, sedimentnih i kiselih magmatskih stena bogatih silicijom, aluminijom, kalcijumom i alkalijama: gnajseva, mikašista, granita, pješčara, glina, krečnjaka itd.



## Oblik i veličina Zemlje

- Zbog nejednakog oblika zemljine površine (postojanje većih i manjih planina u kontinentalnim djelovima i mnogih udubljenja u morima-okeanima) Zemlja nema oblik pravog geometrijskog **elipsoida** na kome bi se mogla njena fizička površina matematički predstaviti.
- Listing (XIX v.) uvodi pojam **geoid** koje bi nastalo produžetkom idealizovane morske površine ispod kopna, ali tako da svaka tačka njegove površine je upravna na pravac zemljine teže (svaka tačka na površine geoida posjeduje isti potencijal sile teže).
- **Sila zemljine teže** je različita: veća iznad mora-okeana, a slabija iznad kontinenata, to po ovom principu stvarna zemljina površina leži u području mora-okeana **ispod** (odstupanje -150 m), a u području kontinenata **iznad** (odstupanje +50 m) elipsoida kao srednje površine neravnog geoida.



- Osnovne fizičke **vrijednosti** naše planete su:

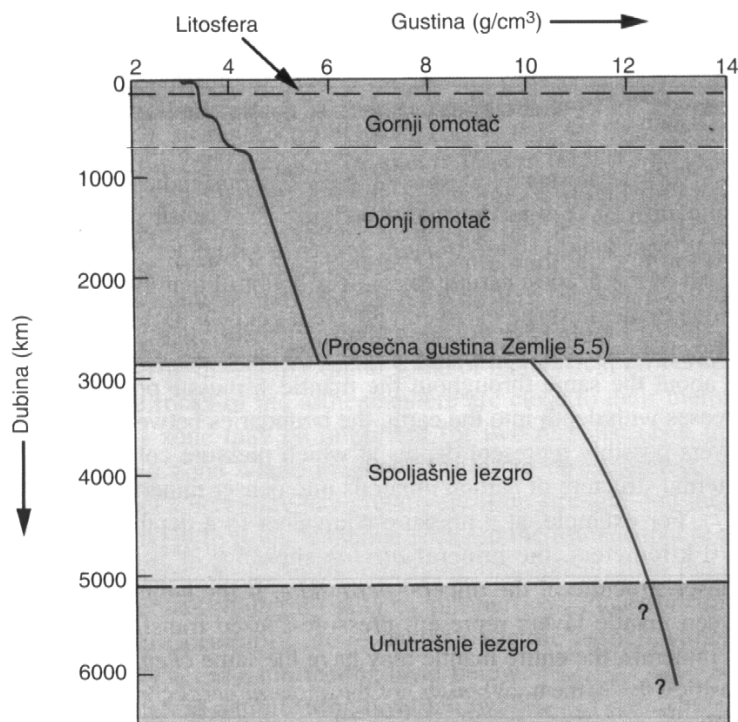
\*površina Zemlje 5,10 milion.km<sup>2</sup>  
\*rastojanje od Sunca (a.j.) 150 milion. km  
\*zapremina 1 milijard. km<sup>3</sup>  
\*poluprečnik na ekvatoru 6,378 km  
\*poluprečnik na polovima 6,357 km  
\*masa atmosfere 5,1 x 10<sup>21</sup>g  
\*masa hidrosfere 1,4 x 10<sup>24</sup>g  
\*masa litosfere 2,4 x 10<sup>25</sup>g

\*srednja vrijednost polupreč. 6,367 km  
\*masa Zemlje 6 x 10<sup>27</sup>g  
\*srednja brz. kretanja oko Sunca 30 km/sec  
\*srednja brz. rotacije na ekvat. 465,1 m/sec  
\*srednja gustina Zemlje 5,53 g/cm<sup>3</sup>  
\*masa mantla 4,1 x 10<sup>27</sup>g  
\*masa jezgra 1,9 x 10<sup>27</sup>g  
\*srednja t. na površini Zemlje 22°C

Iz materijala Prof. dr S. Ivanovića i  
Prof. dr G. Nikolića

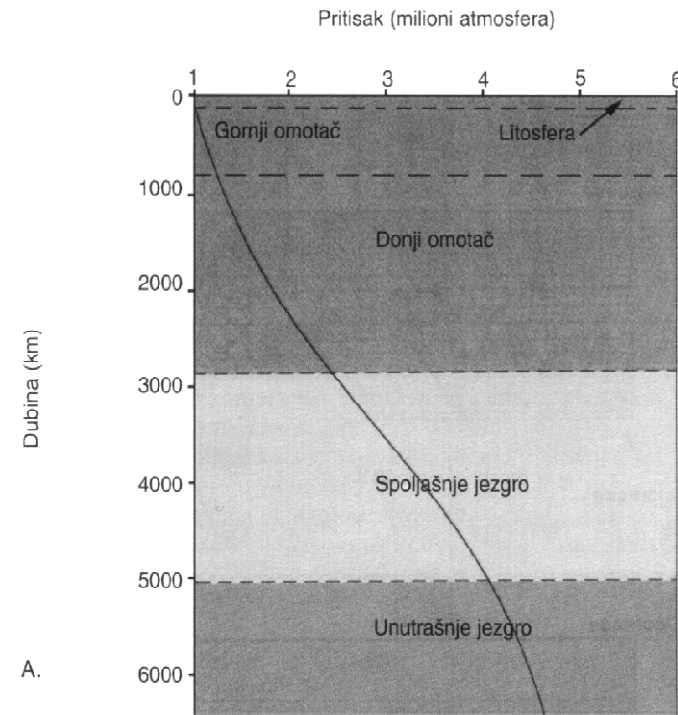
## Gustina Zemlje

- Utvrđeno je da je srednja gustina Zemlje kao planete  $5,53 \text{ g/cm}^3$ .
- Srednja gustina zemljine **kore**  $2,8$  do  $3,0 \text{ g/cm}^3$ . Srednja gustina zemljinog **jezgra** je  $11$  do  $13 \text{ g/cm}^3$ .



## Pritisak u Zemlji

- Srazmjerno povećanju gustine od površine ka centru Zemlje treba da raste i pritisak: na 50 km dubine je 1317 MPa (13 tona /cm<sup>2</sup>); na 2900 km je 152 000 MPa (1500 tona/cm<sup>2</sup>), u centru Zemlje je preko 300 000 Mpa.



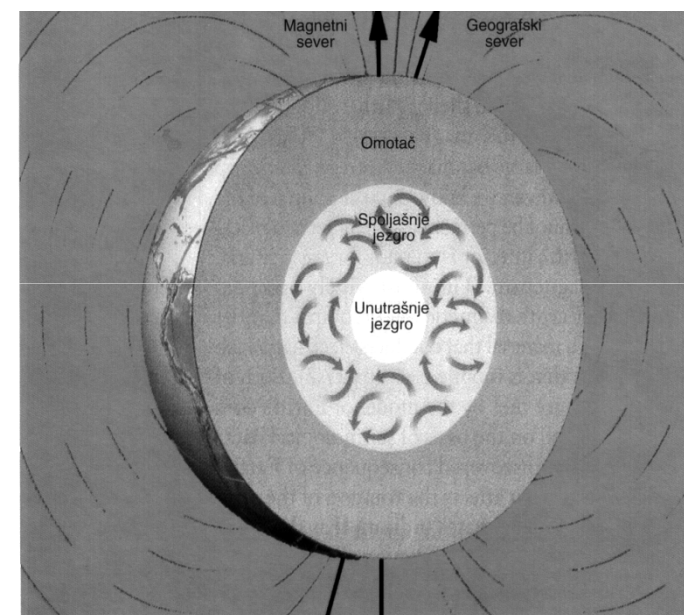
Iz materijala Prof. dr S. Ivanovića i Prof. dr G. Nikolića

## Zemljina teža (gravitacija)

- Sva tijela na Zemljinoj površini i njenoj atmosferi nalaze se pod dejstvom Zemljine teže.
- Ona nije iste jačine na cijeloj Zemljinoj površini, i slabija je na ekvatoru, a jača na polovima, iz razloga što je centrifugalna sila jača na ekvatoru, a slabija na polovima.

## Geomagnetizam

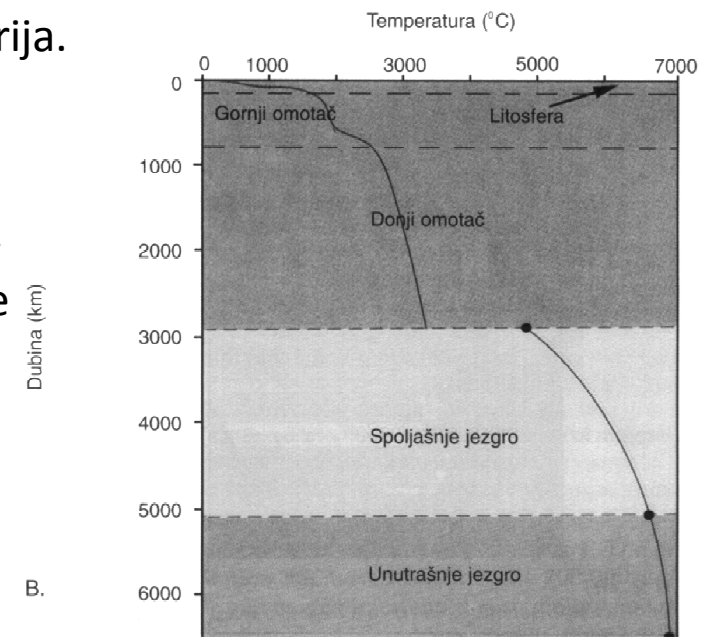
- Oko Zemlje kao nebeskog tijela postoji magnetsko polje. Objašnjava ga geodinamička teorija. Magnetna osa Zemlje je nešto drugačije položena od rotacione i geografske ose, te se i sami polovi, ekvator i meridijan ne poklapaju sa geografskim.
- Sila magnetskog polja na površini Zemlje dejstvuje u dva pravca- vertikalnom i horizontalnom i razlaže se na dvije komponente.
- Njeno dejstvo se najbolje primjećuje na slobodnoj igli kompasa koja se orjentiše u pravcu S-J, ali njen sjeverni pol odstupa od geografskog meridijana za  $18^{\circ}$  na zapad, a južni isto toliko na istok- ovaj ugao skretanja naziva se **deklinacija** i on je različit i po veličini i po smislu (za nasu teritoriju je oko  $8^{\circ}$  u zapadnom pravcu-izogone).
- Ugao koji zaklapa magnetna igla kada se kompas nalazi u vertikalnom položaju, sa horizontalnom ravni, naziva se **inklinacija** (za nasu teritoriju je  $61^{\circ}$ -izokline).



*Iz materijala Prof. dr S. Ivanovića i  
Prof. dr G. Nikolića*

## Temperatura Zemlje

- Zemlja posjeduje geoenergiju. Izdvajaju se tri toplotna izvora odakle se Zemlja snadbijeva toplotom: Sunce-površinski dio litosfere i malog domena dejstva od nekoliko metara do 30 m (Sibir 2 m; Moskva 20 m; Pariz 28 m; kod nas 20-25 m) tzv. **heliotermički sloj**.
- Lavoazijev termometar- podrum pariske opservatorije 11,6<sup>0</sup>C na - 28 m i ovaj nivo predstavlja tzv. **neutralni sloj**.
- Drugi iskonski izvor je toplota koja se nalazi u Zemljinoj unutrašnjosti (potiče od usijano-gasovitog pra-stanja Zemlje).
- Treći izvor je toplota koja potiče od radioaktivnih materija.
- Temperatura se sa **dubinom** penje određenom progresijom- srednja vrijednost tog porasta je 1<sup>0</sup> za 31-33 m ovaj odnos dubine (33 m) i temperature naziva se **getermiski stepen**.
- **Geotermijski gradijent** je porast temperature za neki razmak (obično za 100 m).
- Prema B. Gutembergu teperatura je na 20 km dubine 600<sup>0</sup>C, na 100 km je 1400<sup>0</sup>C, na 500 km je 1800<sup>0</sup>C, a u centru oko 5 000<sup>0</sup>C.



## Hemijski sastav Zemlje

- Hemijski sastav Zemlje određen je na osnovu podataka o njenoj građi, kao i na osnovu sastava meteorita.
- Srednji sastav Zemljinog jezgra, odgovara metalnoj fazi, odnosno srednjem sastavu gvoždevitih meteorita. U njegov sastav po Goldschmidt-u ulazi gvožđe i nikal a manje kobalt, ugljenik i dr.
- Omotač je izgrađen od bazičnih i ultrabazičnih stijena (peridotit i dr.) gdje od hemijskih elemenata dominiraju: Si, Mg, Fe, Ca, Al i S.
- Između omotača i jezgra zastupljena je sulfidna faza, gdje su dominantni sulfidi metala.
- U sastav gornjeg dijela Zemljine kore (po Fresmanu 1923) sa 98% ulaze sledećih 8 elemenata. (O-49,13%; Si-20,0%; Al-7,45%; Fe-4,20%; Ca-3,25%; Na-2,40%; K-2,35% i Mg-2,35%.

*Iz knjige Osnovi geologije, Prof. dr  
M. Radulović, 2003*

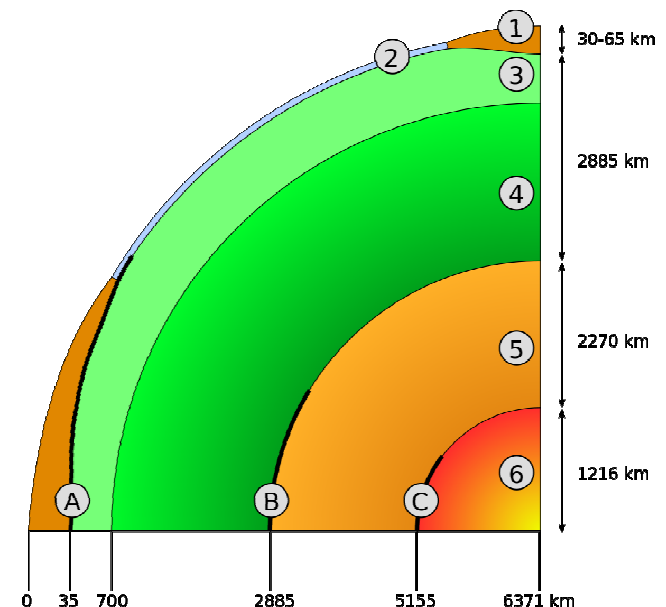
## Radioaktivne materije Zemlje

- Unutrašnja toplota Zemlje za 1 godinu izgubi zračenjem oko  $0,3 \text{ KJ/cm}^2/\text{h}$ , to znači da se stalnim zračenjem iskonska toplota stalno gubi.
- Suprotno ovom postoje mišljenja da se dezintegracijom radioaktivnih materija (radioaktivnih elemenata ima najviše u kisjelim magmatskim stijenama) ona nadoknađuje.
- Ovi procesi se odvijaju po zakonima atomske evolucije materije u kosmičkim uslovima.
- **Radioaktivnost** je osobina nekih hemijskih elemenata, odnosno materija, da emituju nevidljive čestice ili zrake velike energije.
- Izotopi elemenata koji emituju jonizujuća zračenja zovu se radioizotopi ili radionuklidi.

*Iz materijala Prof. dr S. Ivanovića i 21  
Prof. dr G. Nikolića*

## Seizmičnost i diskontinuiteti Zemlje

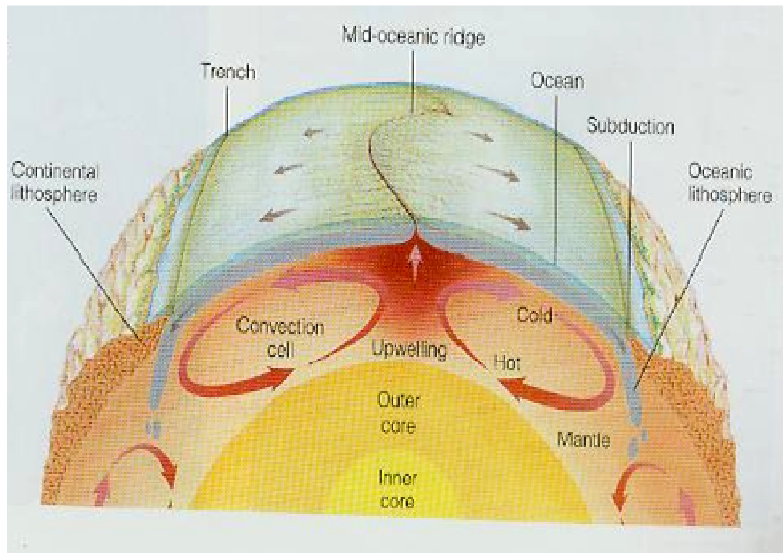
- Seizmički talasi na svom putu kroz Zemlju trpe određene **promjene u brzini kretanja**, što se posebno opaža na određenim nivoima.
- **Seizmički talasi** se kreću različitim brzinama kroz različite materije: **brže kroz rastopljene, a sporije kroz čvrste mase.**
- Pri tome gustina mase ima određeni značaj, a poznate su dvije osnovne vrste talasa:
- **-uzdužni P talasi**, koji **prolaze** kroz **sve** djelove Zemlje i
- **-poprečni S talasi**, koji se lome na granici jezgra, (brže se kreću uzdužni, odnosno oko 1,7 puta su sporiji poprečni).
- Proučavanjem ovih talasa utvrđeno je da postoje na određenim dubinama postoje skokoviti prelazi- **diskontinuiteti**:
- **Mohorovičićev** (1909) na prelazu litosfere i omotača
- **Gutenbergov** (1913) predstavlja granicu između mantla i jezgra
- **Konradov** (1928) na granici granitnog i bazaltnog sloja;
- **Lehmanin** (1936) diskontinuitet između unutrašnjeg i spoljašnjeg jezgra.



Shematski prikaz unutrašnjosti Zemlje. 1. kontinentalna kora - 2. okeanska kora - 3. gornji sloj - 4. donji sloj - 5. spoljašnje jezgro - 6. unutrašnje jezgro - A: Mohorovičićev diskontinuitet - B: [Gutenbergov diskontinuitet](https://hr.wikipedia.org/wiki/Gutenbergov_diskontinuitet) - C: [Lehmannin diskontinuitet](https://hr.wikipedia.org/wiki/Lehmannin_diskontinuitet) - [https://hr.wikipedia.org/wiki/Mohorovi%C4%8Di%C4%87ev\\_diskontinuitet](https://hr.wikipedia.org/wiki/Mohorovi%C4%8Di%C4%87ev_diskontinuitet)

## Endodinamika

- Unutrašnja dinamika Zemlje – **Endodinamika** – uslovljena je prenosom toplote iz unutrašnjosti Zemlje prema površini – **konvekciona strujanja** (mehanizam spor!):
  - uzlazni tok prenosi toplinu prema kori Zemlje – **širenje** kore
  - silazni tok vraća magmu prema jezgru – **sažimanje** kore
  - vrući omotač ide prema gore, a hladna kora i plašt **tonu**



- **Magmatski pokreti**
  - Vulkanizam
- **Tektonski pokreti**
  - Epirogeni pokreti
  - Orogeni pokreti
- **Seizmički pokreti**

## Egzodinamika

- Djelovanje spoljašnjih sila –površinsko raspadanje stijena: **mehaničko, hemijsko i biogeno**

