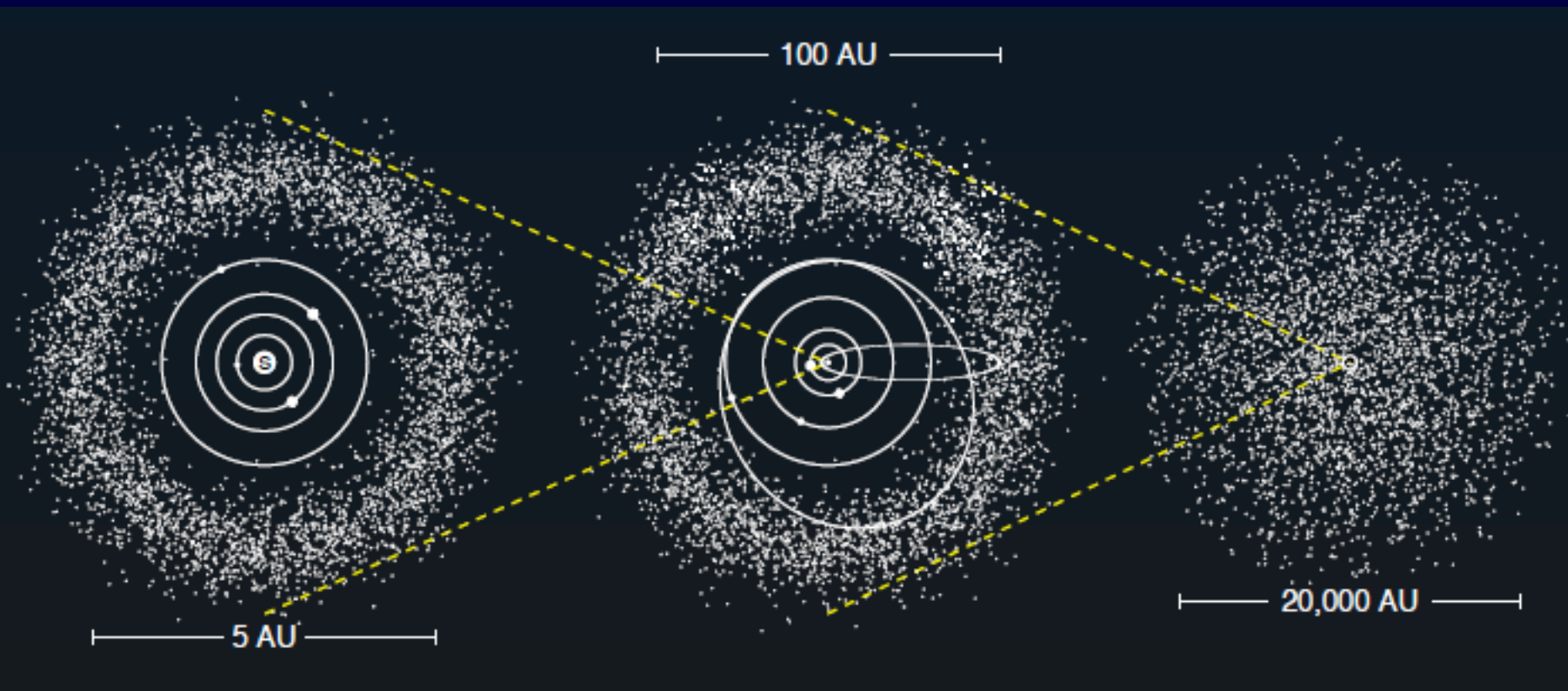


Uvod u astronomiju

Terestrički planeti

Sunčev sustav: struktura



Unutrašnji sustav
terestrički planeti
asteroidi

Vanjski sustav
jovijalni planeti
sateliti, planeti patuljci

Oortov oblak
kometi

Terestrički planeti:

- ❑ Zemlja i unutrašnja skupina planeta
- ❑ Merkur, Venera, Mars
- ❑ Zemlja-Mjesec: dvostruki planet?

Terestrički planeti

- Mala masa i polumjer
- Velika gustoća
- Metali i stijene
- Čvrsta površina
- Vrlo malo satelita
- Bez prstenova
- Blizu Sunca, topliji

Jovijalni planeti

- Velika masa i polumjer
- Mala gustoća
- H, He, H₂O, CH₄, NH₃
- Nemaju čvrstu površinu
- Puno satelita
- Prstenovi
- Daleko, hladniji

(1) Terestički planeti građeni su pretežito pd stijena i metala

Terestički planeti imaju:

malu masu (< od Zemljine mase)

veliku gustoću ($> 3900 \text{ kg/m}^3$).

voda = 1000 kg/m^3

zrak = 1 kg/m^3

stijene = 3000 kg/m^3

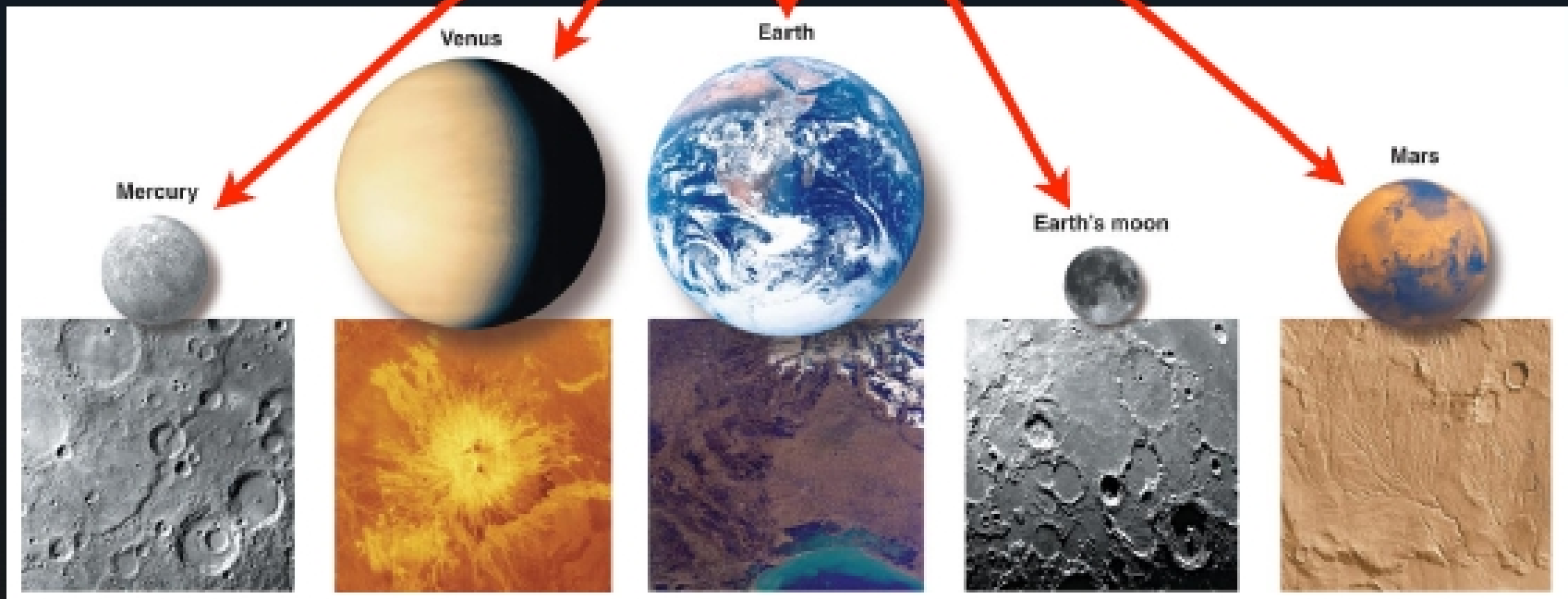
željezo = 7800 kg/m^3

nikal = 8900 kg/m^3

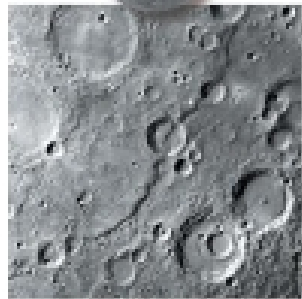


Evolutionary History

How did this variety arise?

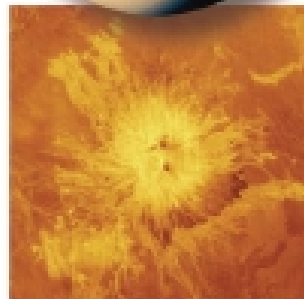


Mercury



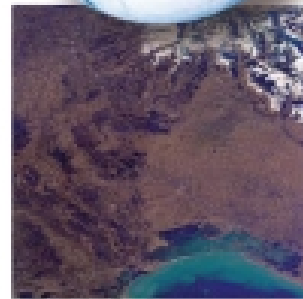
Many Craters
Smooth Plains
High Cliffs

Venus



Volcanos
"Continents"
Few Craters

Earth



Volcanos
Continents!
Oceans

Earth's moon



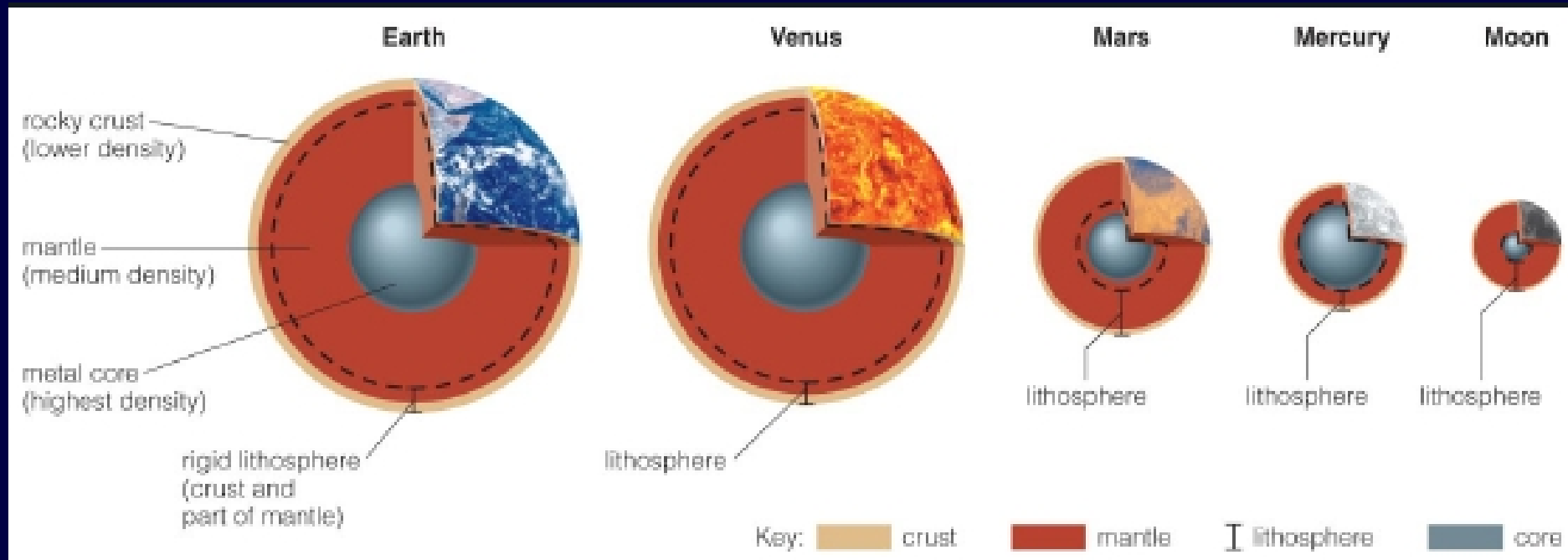
Many Craters
Highlands
Smooth Plains

Mars

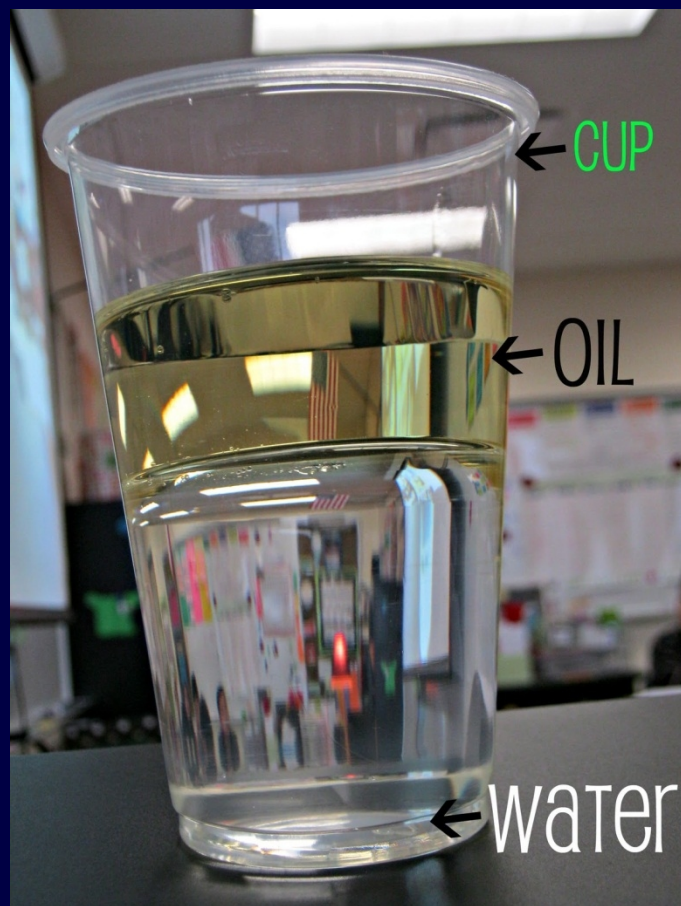


Volcanos
Some Craters
Riverbeds?

Terestrički su planeti nastali diferencijacijom: metali velike gustoće potponi su prema središtu, stijene manje gustoće isplivale su prema površini



Da bi došlo do diferencijacije, planeti su morali biti potpuno rastaljeni.

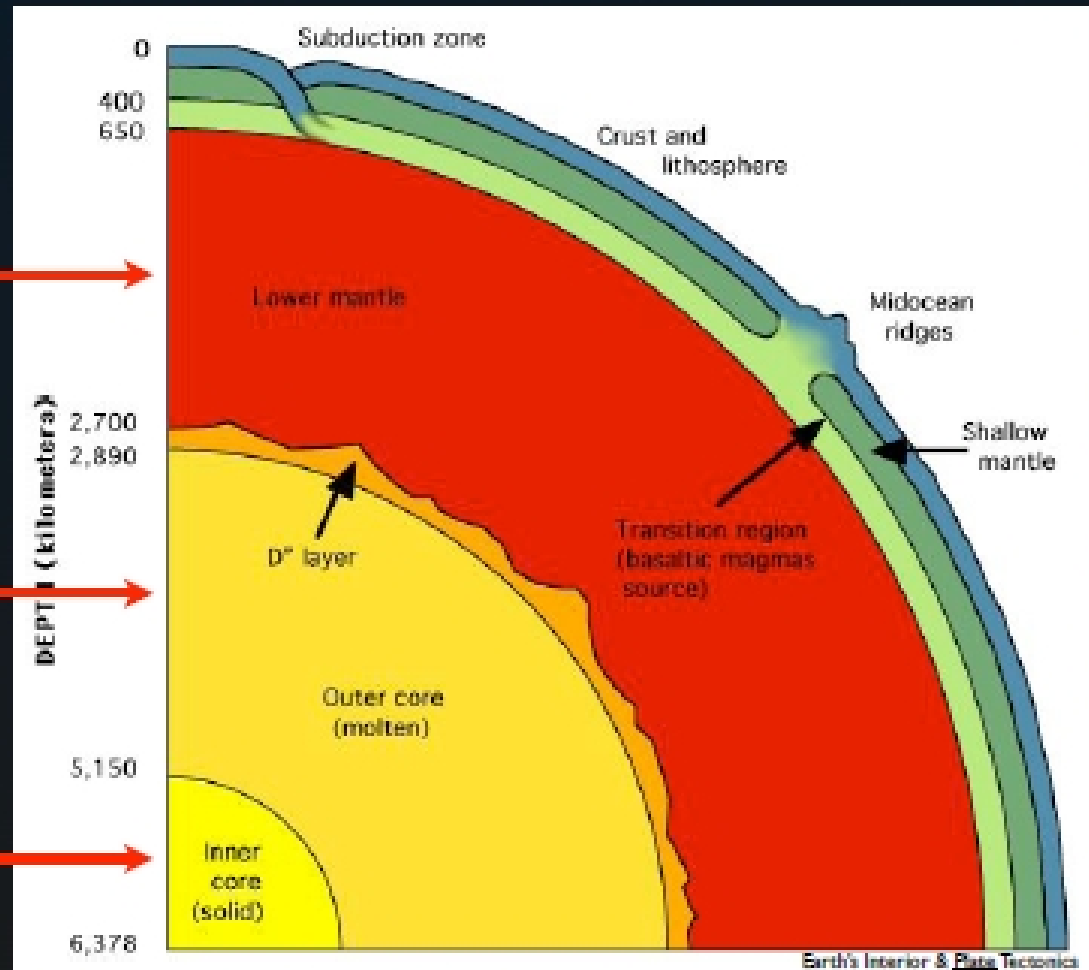


Unutrašnja struktura

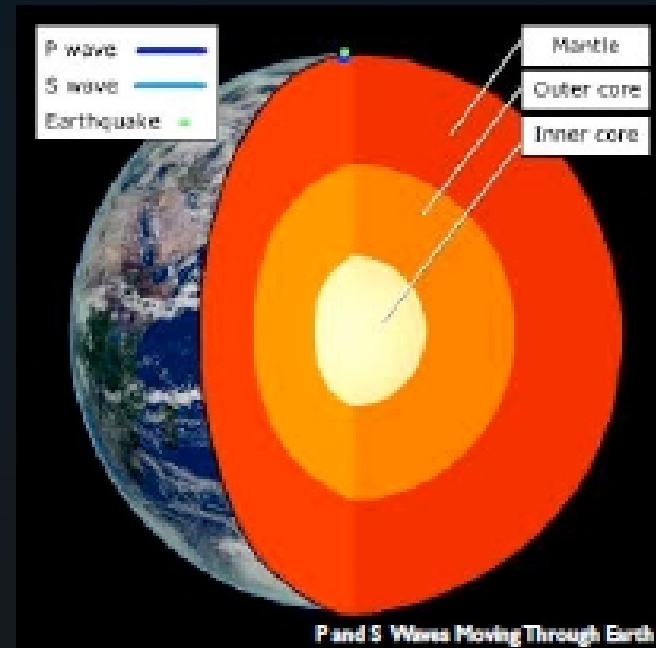
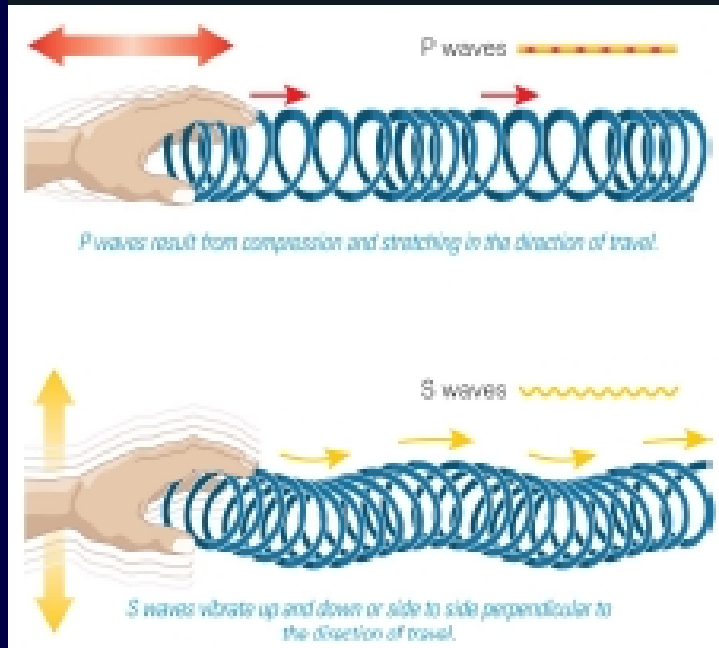
Lower mantle (plastic)
Rock (Si/Mg/O/Al/...)

Outer core (molten)
Fe/Ni/Co & O/S?

Inner core (solid)
Iron/Nickel/Cobalt



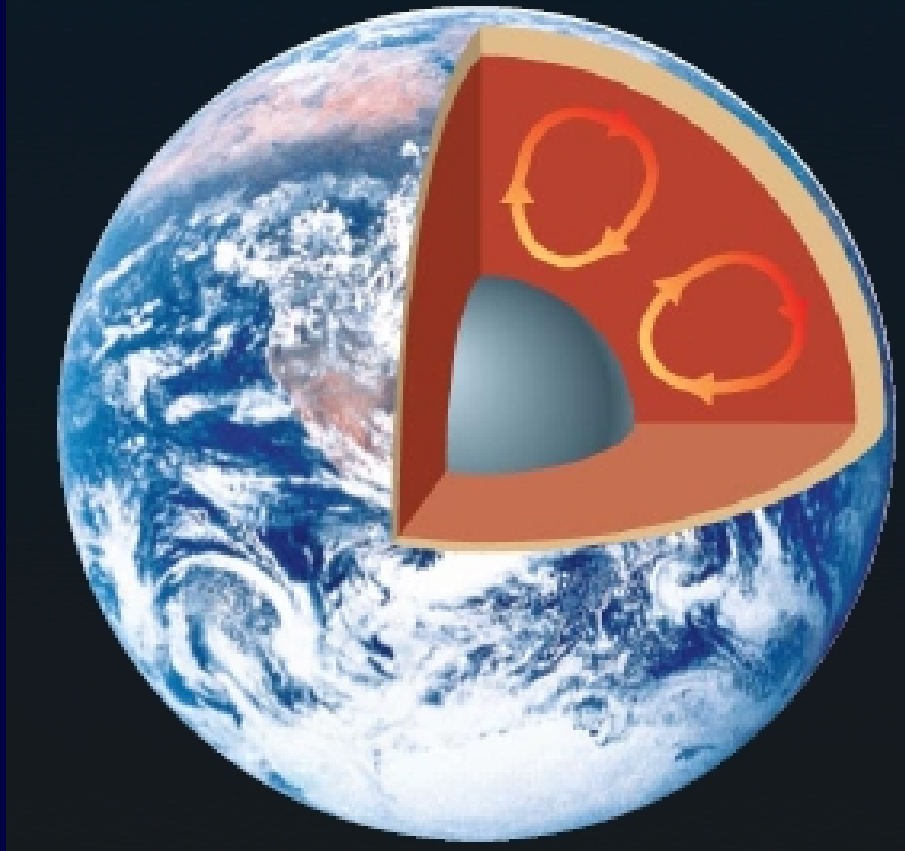
Unutrašnja struktura: potresi



Potresi stvaraju dva tipa valova: S valova (poprečne) i P valove (uzdužne)

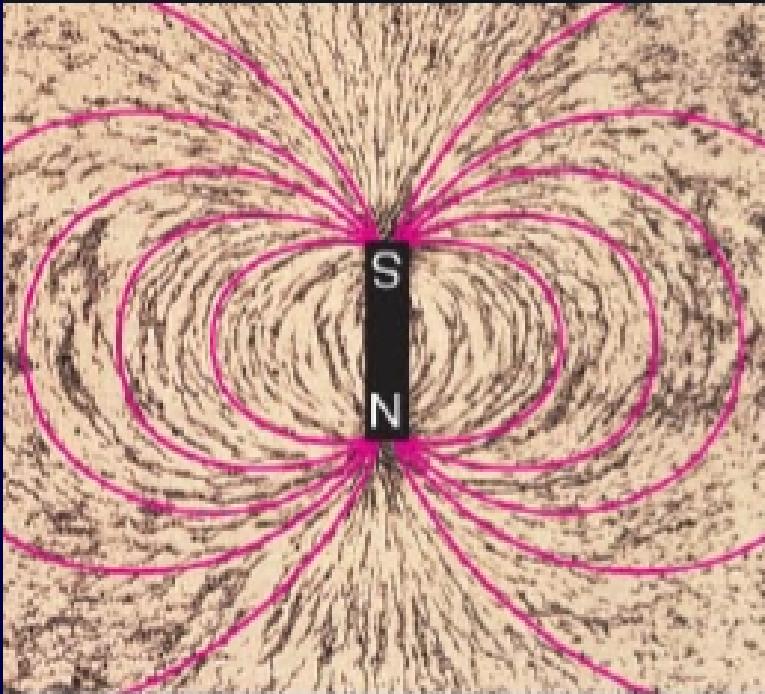
Tekuća jezgra propušta P valove, ali reflektira S valove

Unutrašnja struktura: konvekcija

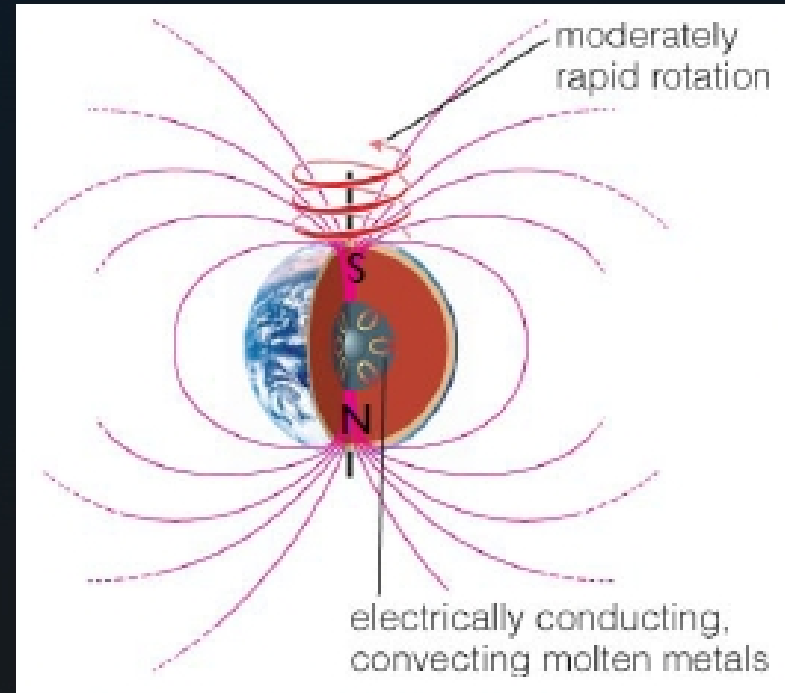


Prijenos topline konvekcijom (miješanjem tvari): sporo cirkuliranje rastopljenog materijala stijena

Unutrašnja struktura: magnetsko polje

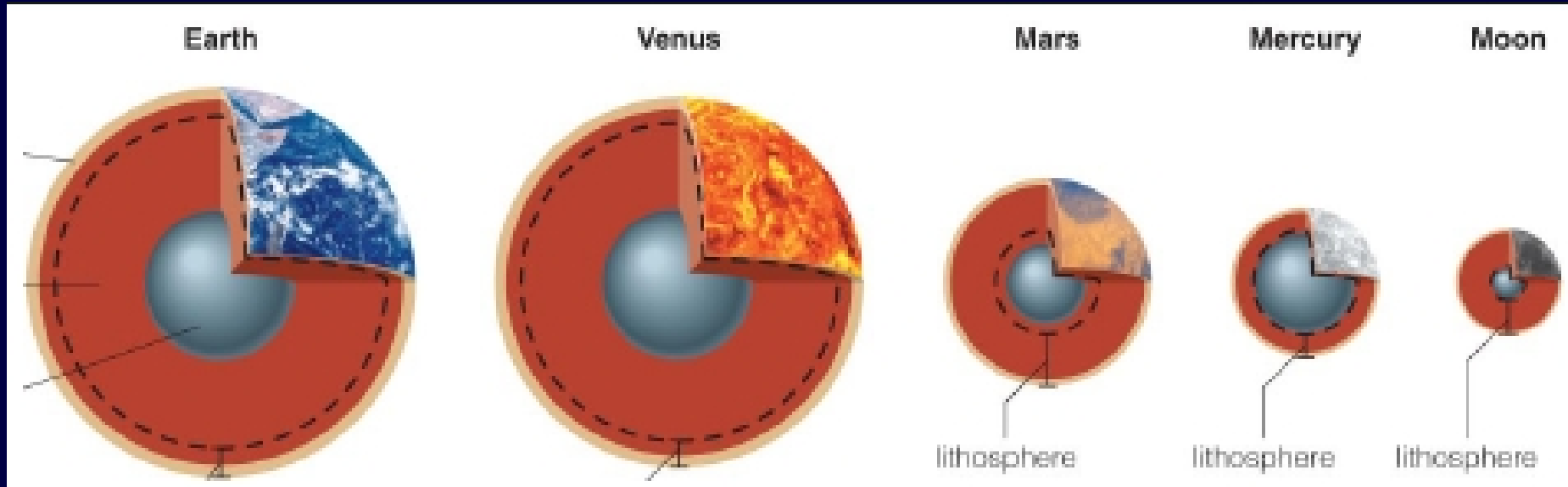


Zemljino magnetsko polje nalik je polju bar magnetu.



Dinamo efekat: jezgra planeta mora provoditi struju, rotirati i biti konvektivna.

Unutrašnja struktura: magnetsko polje



da

vrlo jako

ne

vrlo spora
rotacija

više ne

previše
hladno

slabo

spora
rotacija

ne

hladno

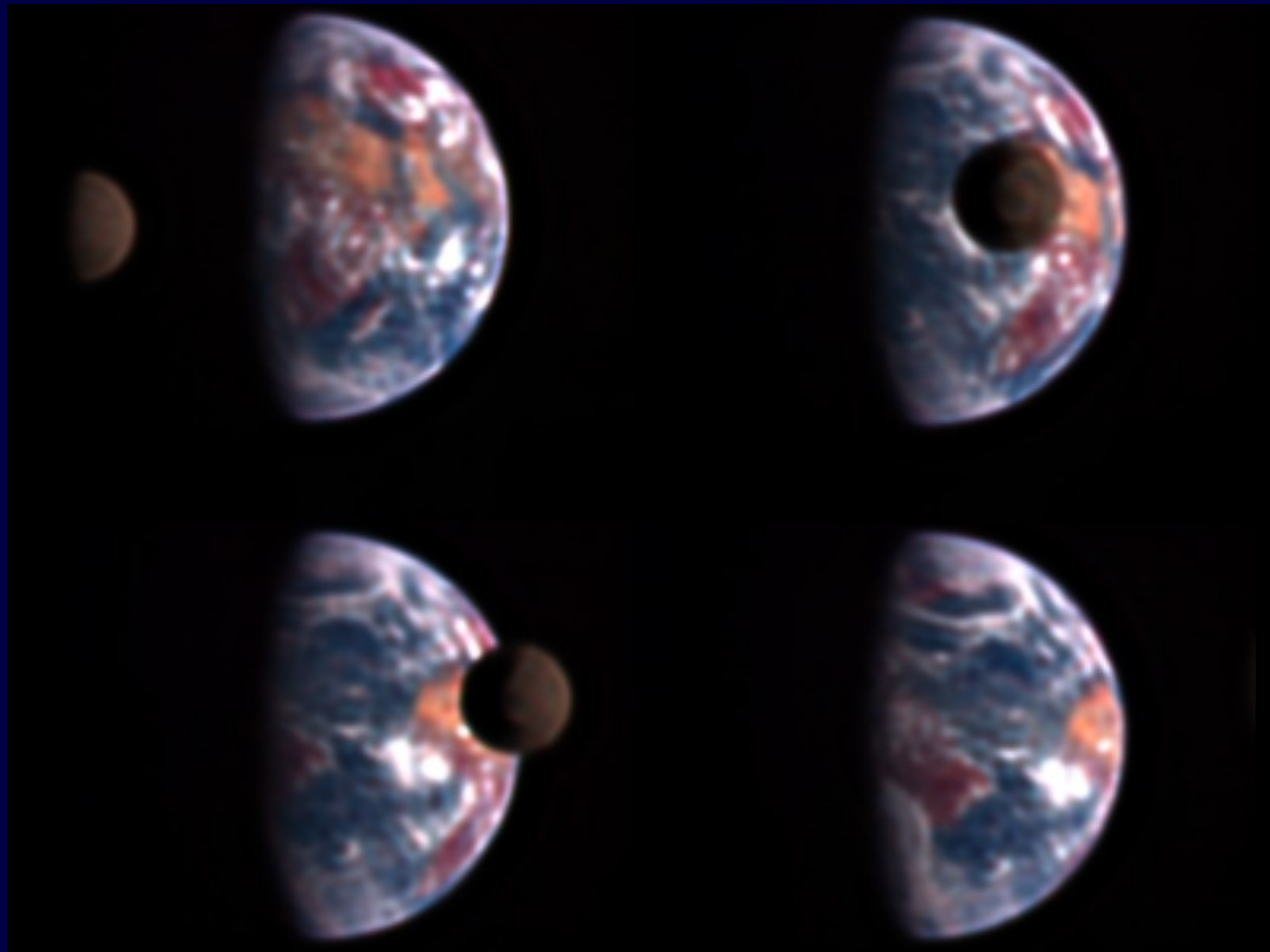
Magnetsko polje pomaže planetima očuvati atmosferu.



Zemlja









Zemlja: fizikalne karakteristike

Masa = 5.97×10^{24} kg

Srednji polumjer = 6,373 km

Polarni polumjer = 6,357 km

Gustoća = $5,515 \text{ kg/m}^3$

Siderički rotacijski period = 0.9973 d (23.934 h)

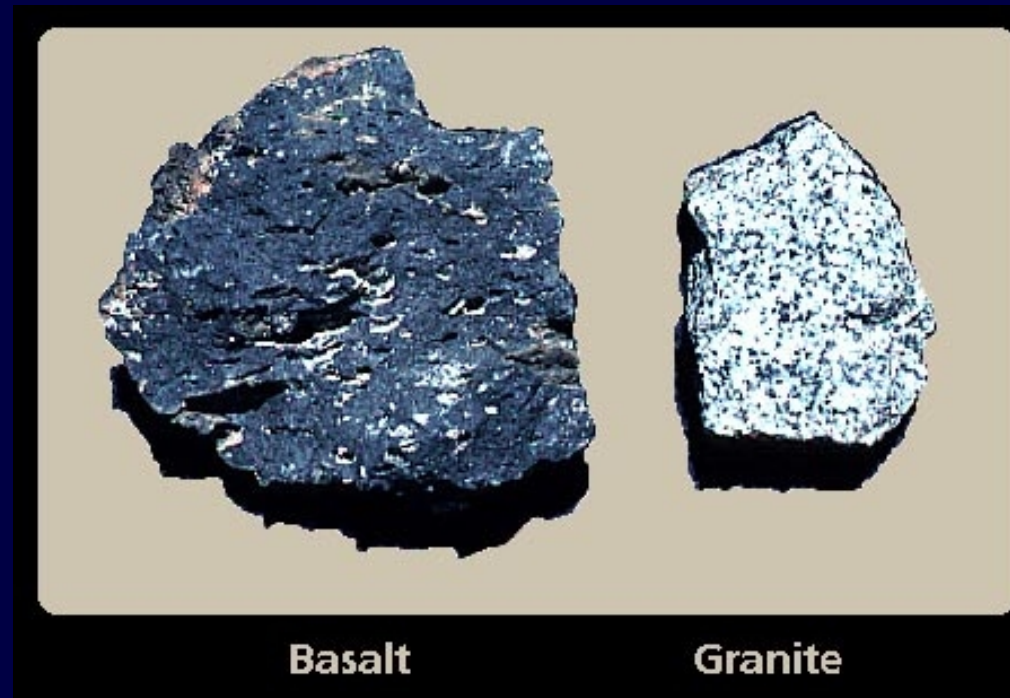
Nagib rotacijske osi = 23.4°



Prosječna gustoća
Zemlje = **5500 kg/m³**

Zemlja ima preveliku
gustoću → nije građena
samo od čvrstih stijena:

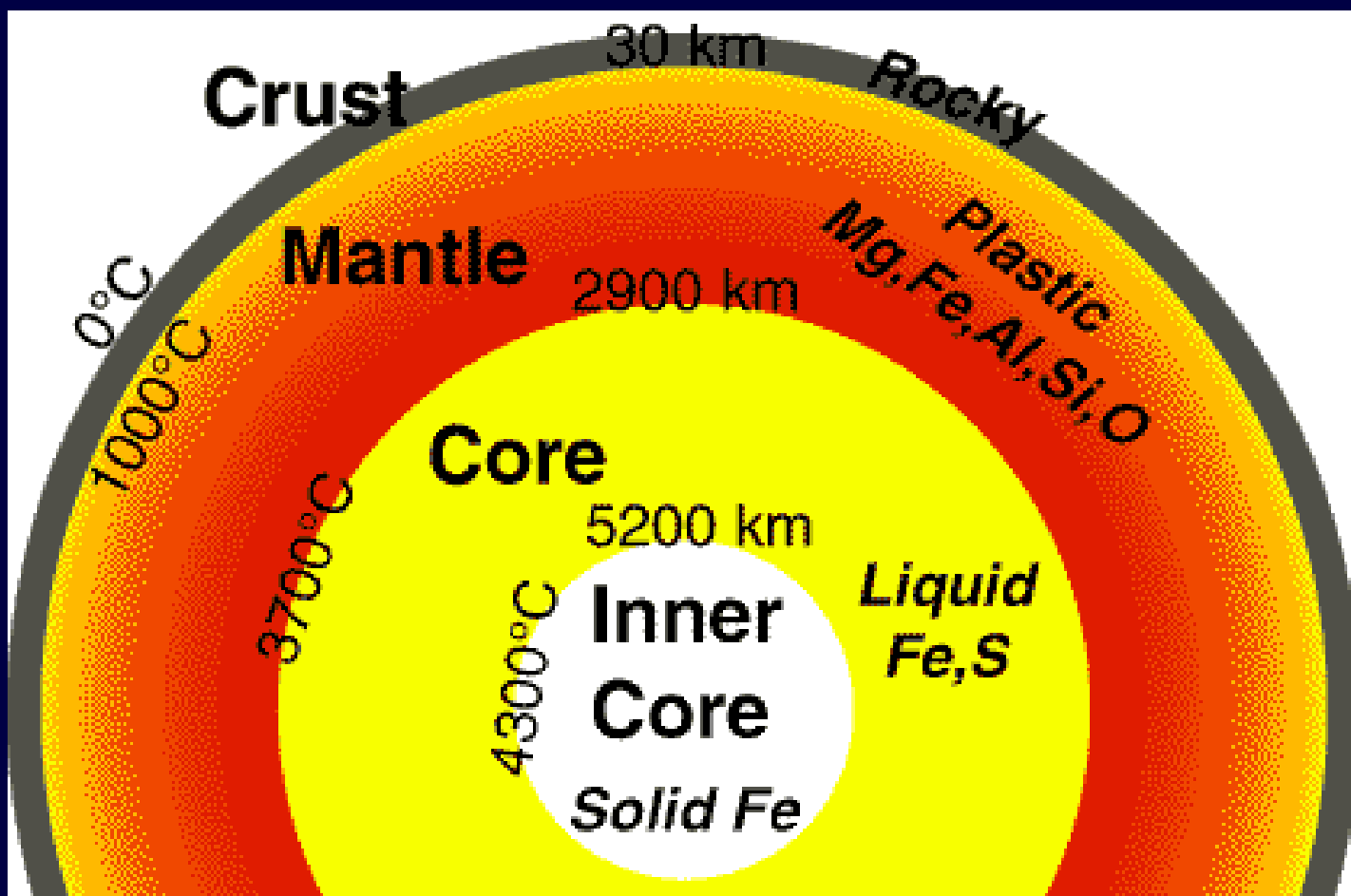
bazalt = 3300 kg/m³
granit = 2700 kg/m³



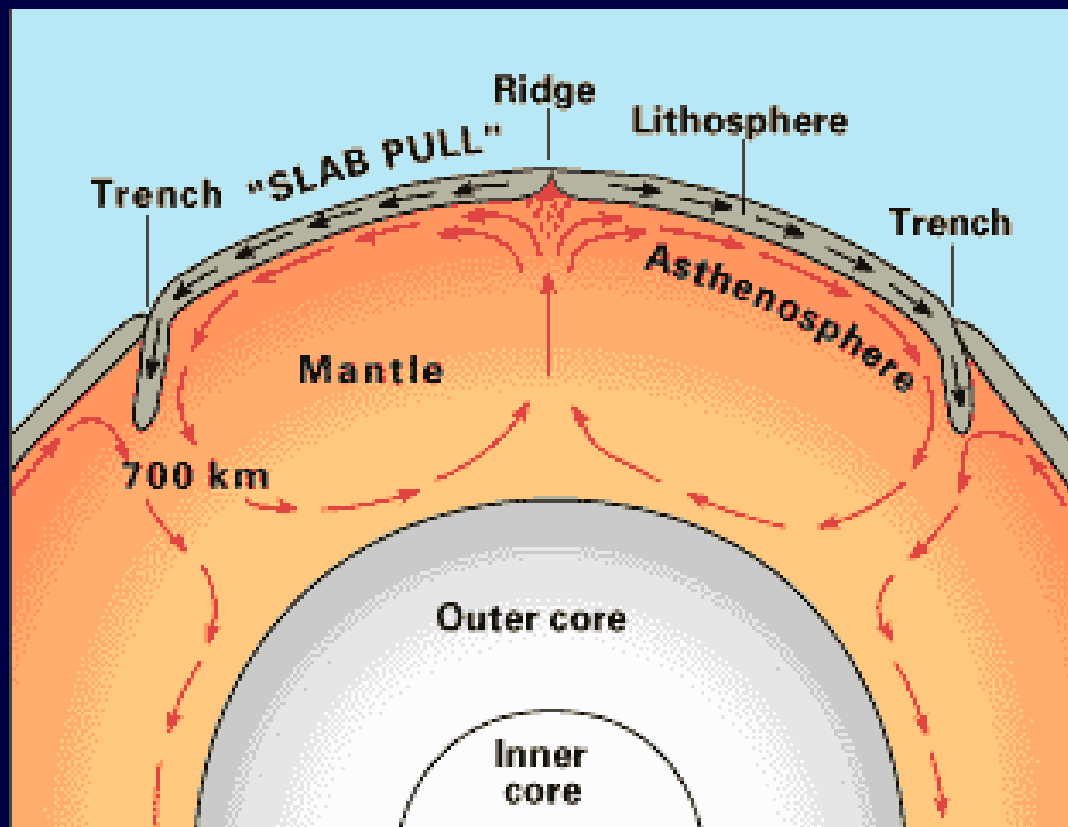
Važne karakteristike:

- Tektonika ploča
- Atmosfera (sastav i klima)
- Magnetsko polje
- Tekuća voda
- Život

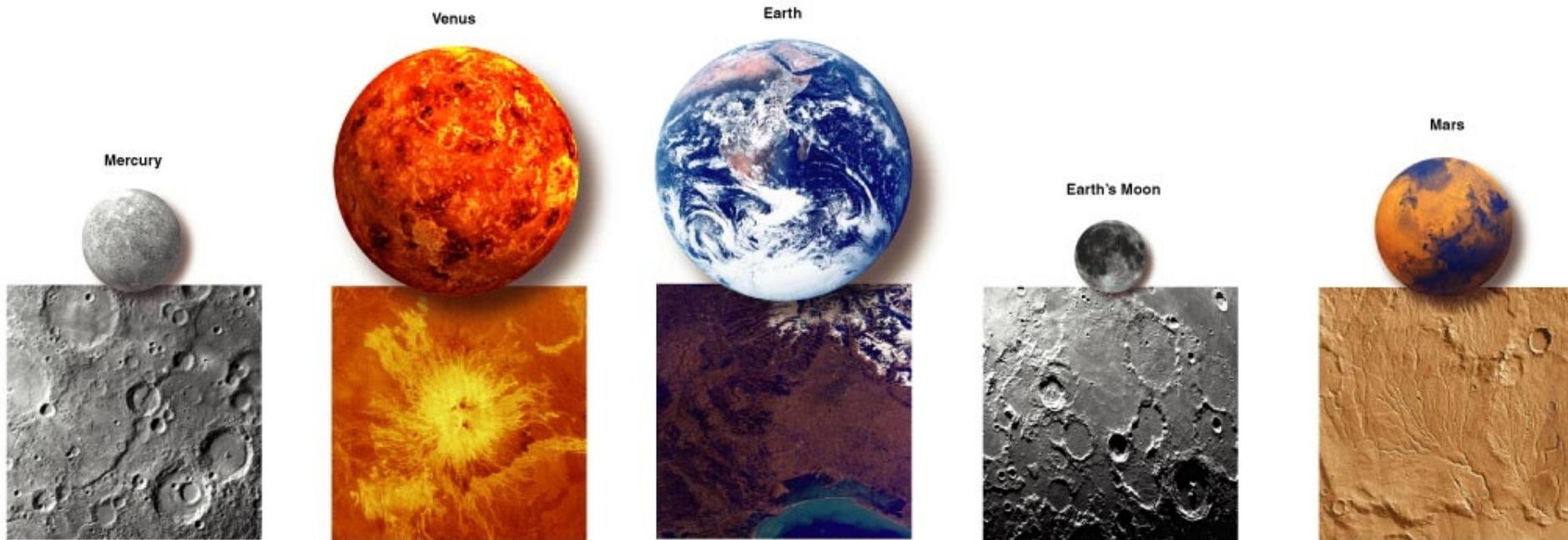
Unutrašnja struktura Zemlje



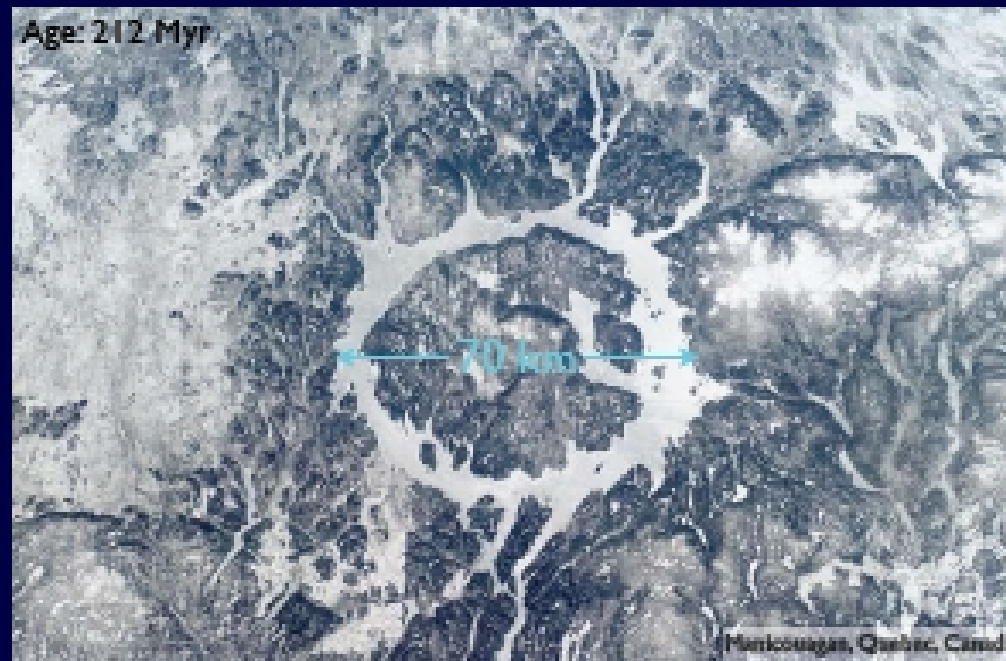
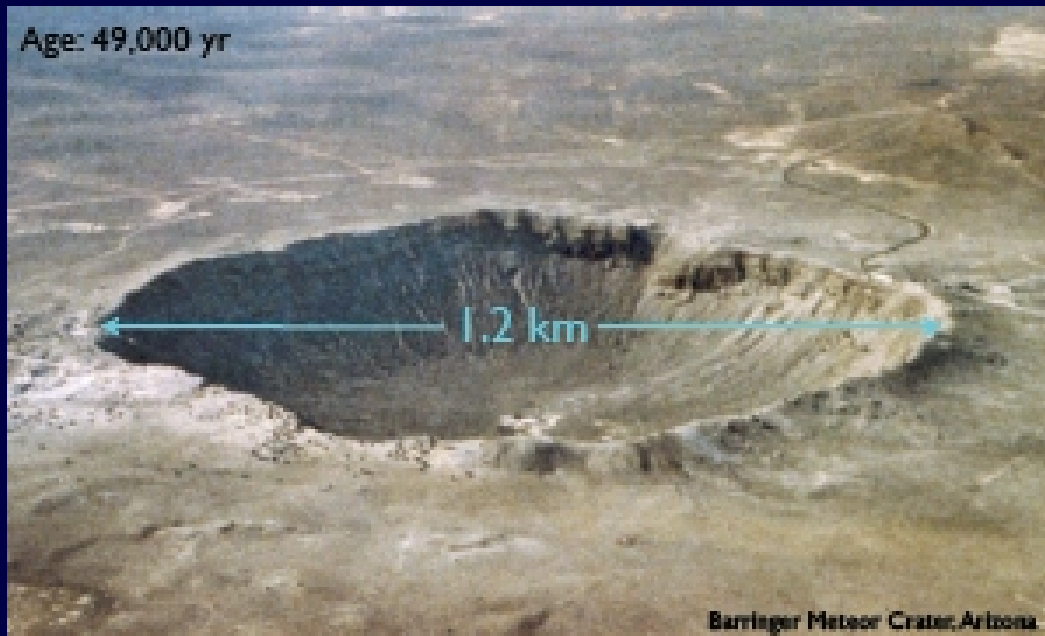
Konvekcija u plaštu



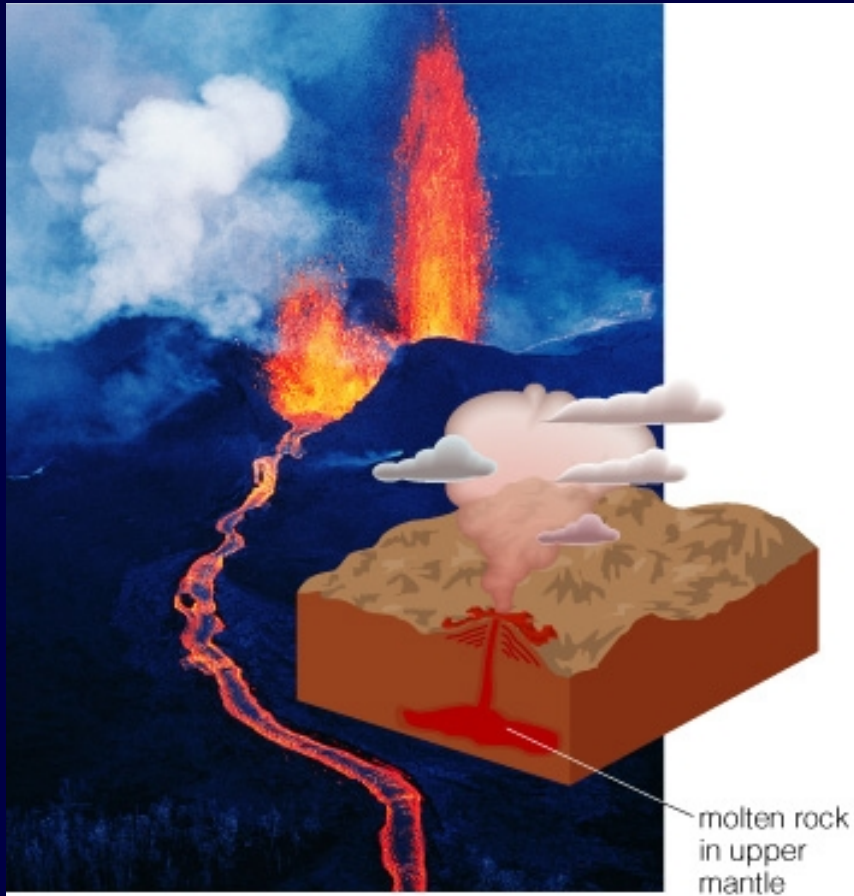
Procesi koji su oblikovali Zemljinu površinu



Udarni krateri:



Vulkanizam



- Rastopljene stijene (magma) nalaze put kroz Zemljinu koru (lithosphere) do površine.
- Rastopljene stijene nazivamo *lava* nakon što dosegnu površinu.



Mauna Loa Volcano, Hawaii



Wikipedia: Mount Fuji

Vulkani:

Erozija:



Erozija vodom



- Rijeka Colorado i dalje se usjeca u Grand Canyon.

Erozija ledom



- Glečeri su oblikovali Yosemite udolinu.

Erozija vjetrom



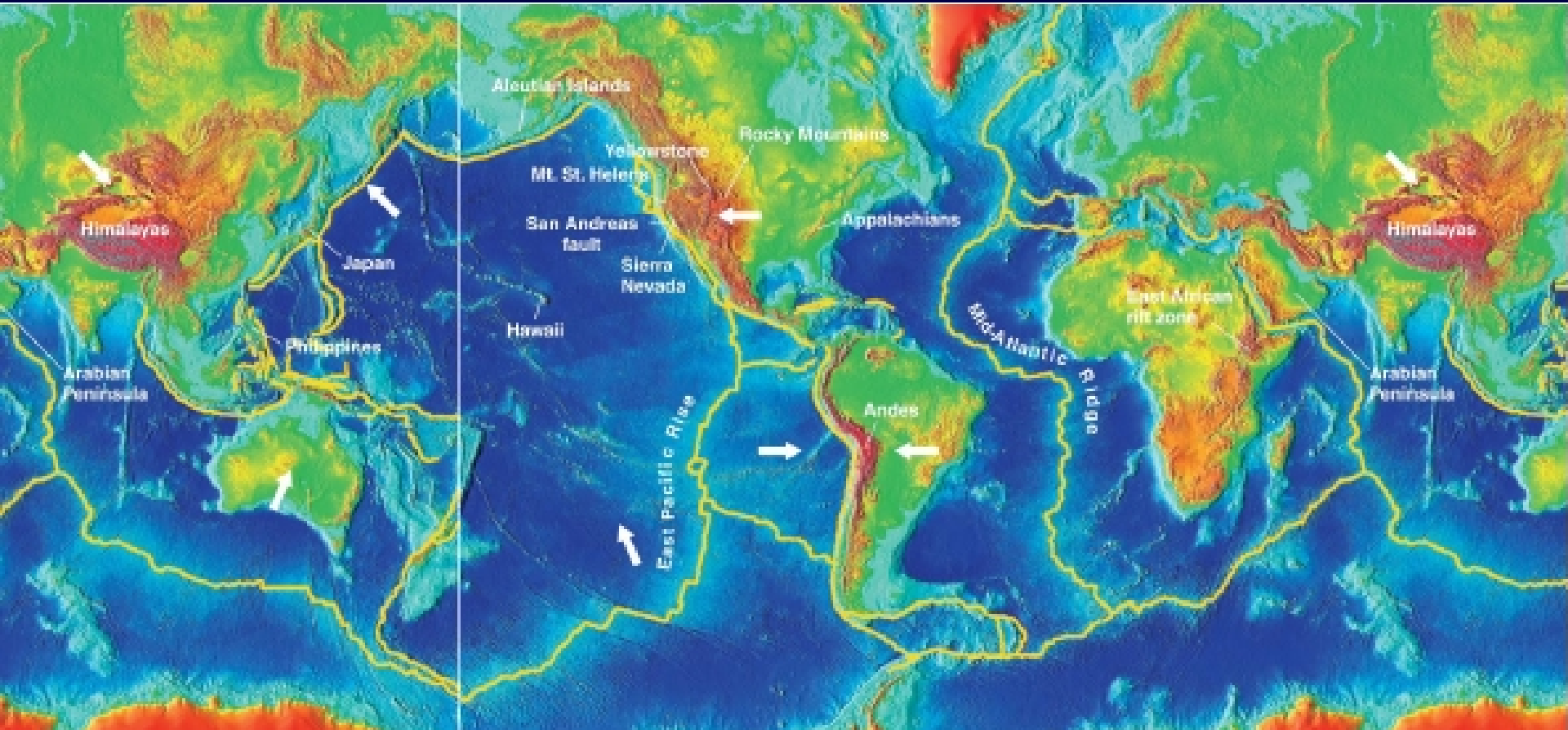
- Mrvljenje stijena i stvaranje duna.

Continental Motion



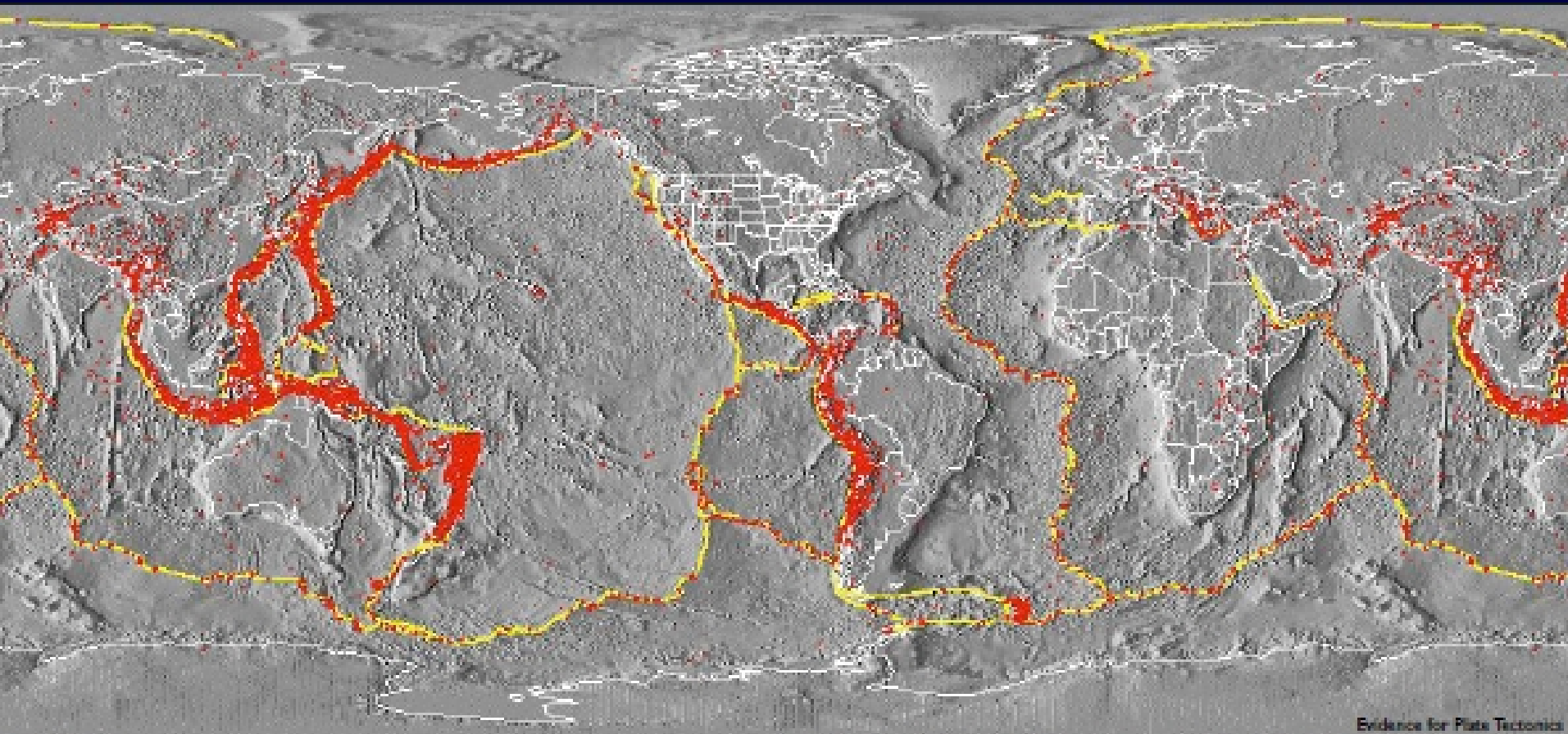
- Idea of continental drift was inspired by puzzle-like fit of continents
- Mantle material erupts where seafloor spreads

Tektonika ploča:



Zemljina kora je skup ploča u sporom gibanju.

Tektonika ploča: zemljotresi



Rubovi ploča najčešće su područja zemljotresa.

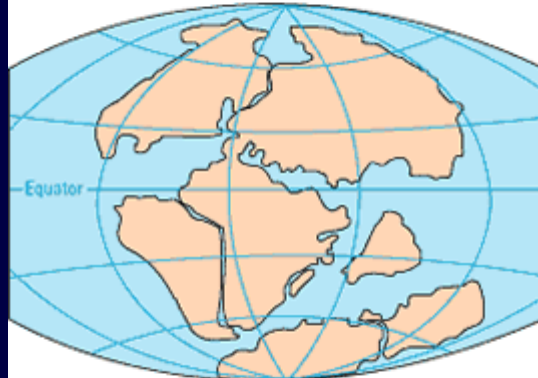
PANGAEA.



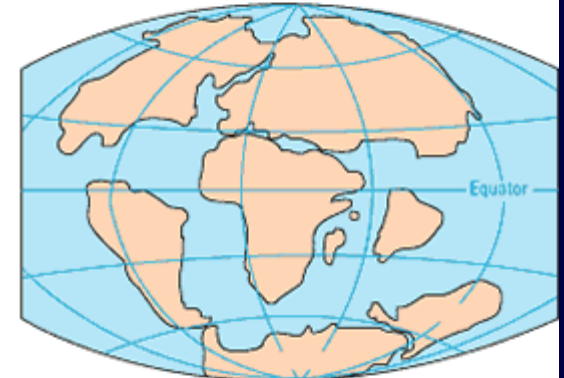
PERMIAN
225 million years ago



TRIASSIC
200 million years ago



JURASSIC
135 million years ago



CRETACEOUS
65 million years ago

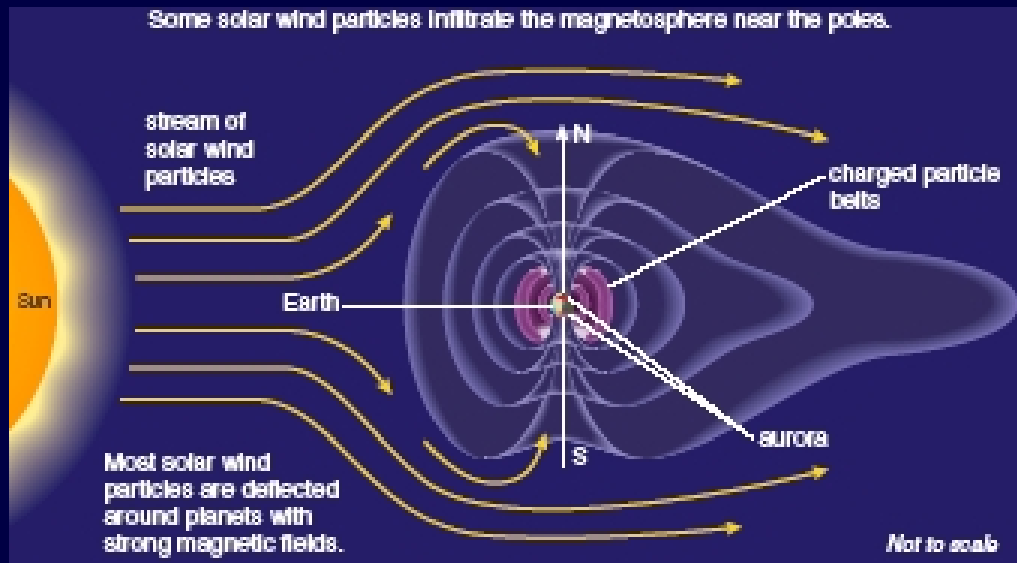


PRESENT DAY

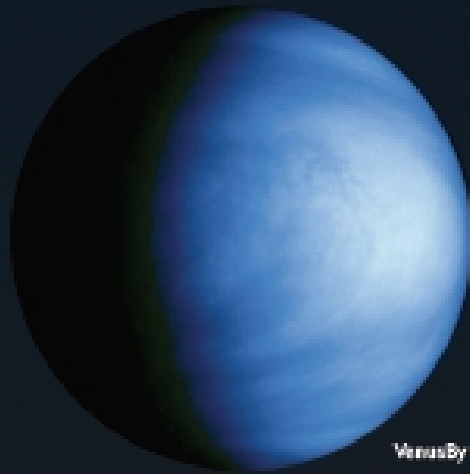
Zemljina magnetosfera

Zemljino magnetsko polje štiti nas od nabijenih čestica sa Sunca protects us from charged particles from the Sun.

Nabijene čestice mogu stvoriti auroru (“sjeverno svjetlo”)



Atmosfere terestričkih planeta:



VenusBy



Earth



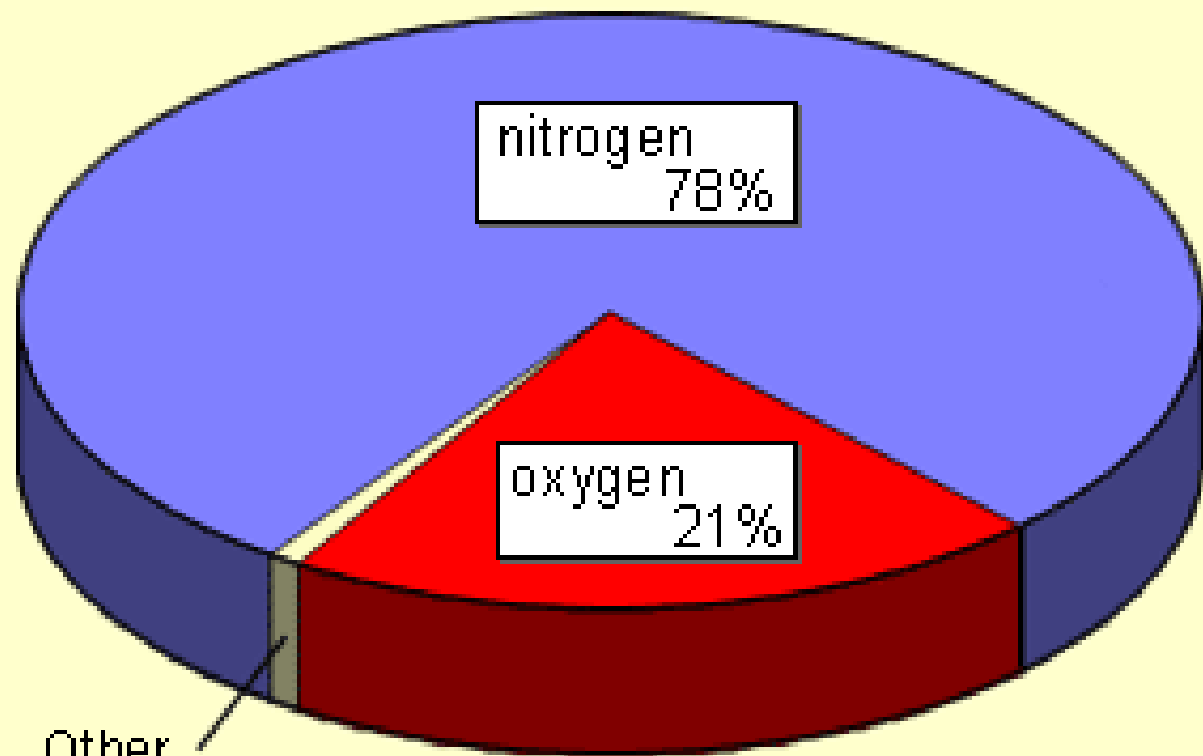
Mars

	Venus	Earth	Mars
CO ₂	96.5%	0.038%	95.3%
N ₂	3.5%	78%	2.7%
O ₂		21%	
Ar		0.93%	1.6%
pressure	90	1.0	0.006

Zemljina atmosfera

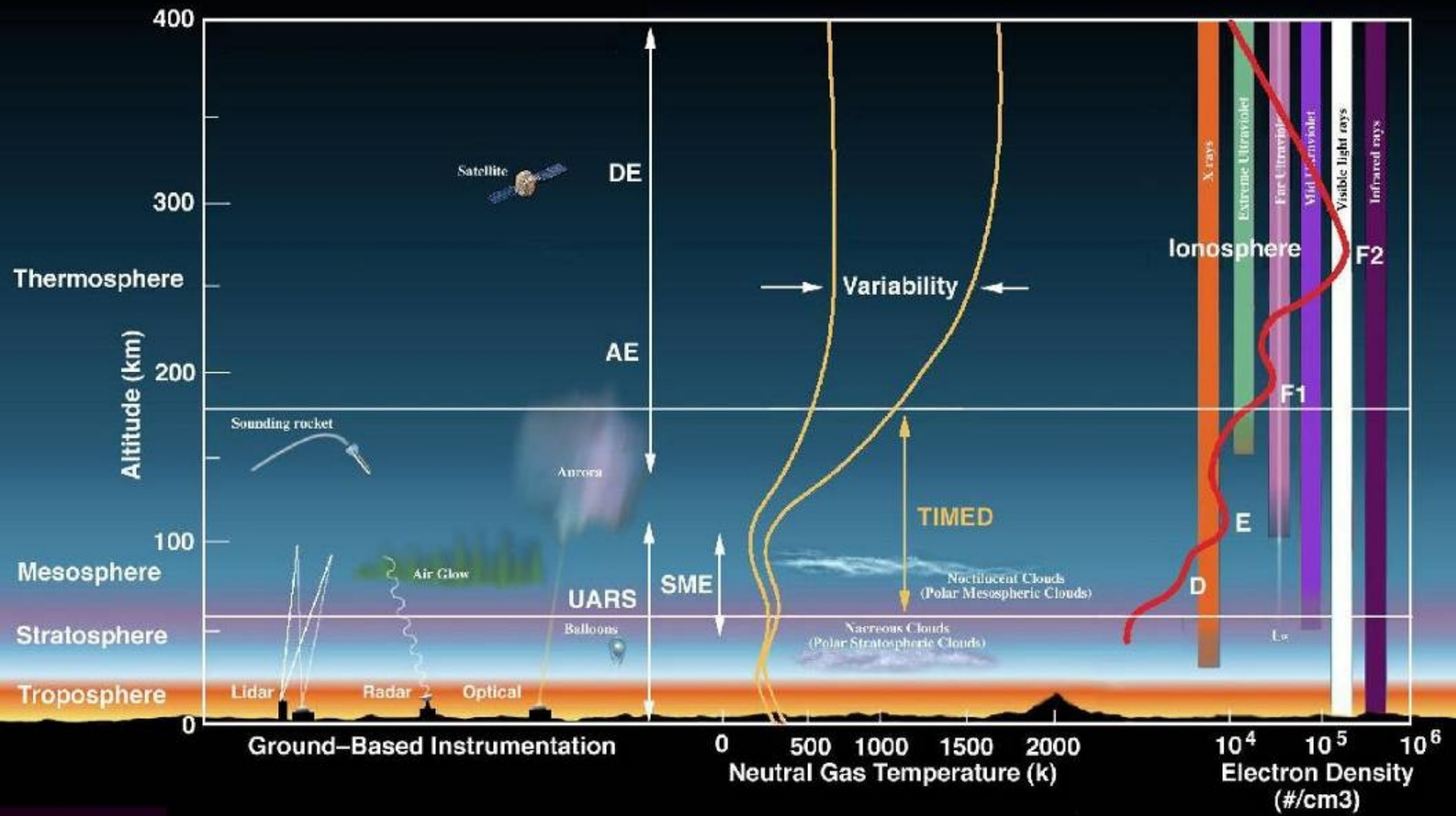
- (1) Zemljina se atmosfera sastoji uglavnom od dušika (N_2) i kisika (O_2).
- (2) Kada na Zemlji ne bi bilo života, zrak ne bi sadržavao O_2 ; bez oceana bio bi mnogo veći udio ugljičnog dioksida (CO_2).
- (3) Ozonski (O_3) sloj djelomično je uništen kemijskim procesima klorofluorokarbonatima.
- (4) Suvišak CO_2 može prouzročiti globalno zagrijavanje preko stakleničkog efekta.





Other
including
argon - 0.9% -
& CO₂ - 0.037%

Gases in the air

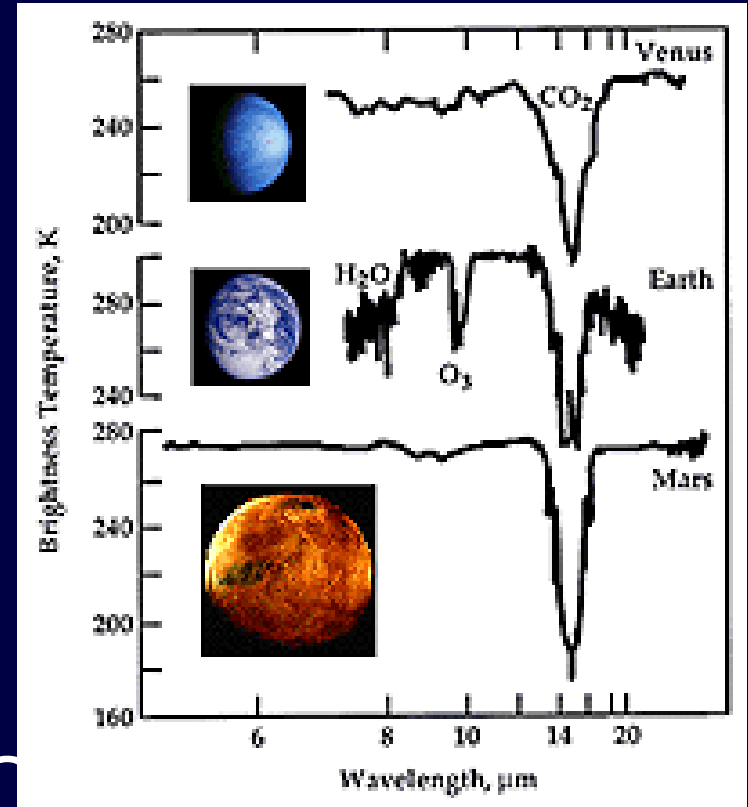


Različnost atmosfera

Venera: vrlo gusta atmosfera, 96% ugljik dioksid (CO_2).

Mars: vrlo rijetka atmosfera, 95% CO_2 .

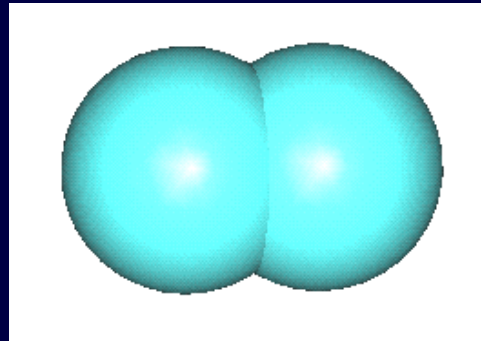
Zemlja: prosječno gusta atmosfera, 0.04% CO_2 .



Zašto je tako malo CO_2 ?

Neobičnost kisika

Značajan udio kisika (O_2) u zraku prilično je neobičan.

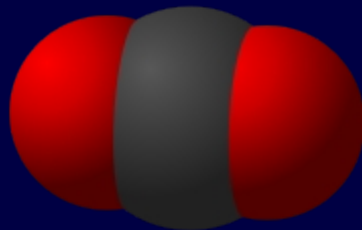


Kisik se rado spaja s ugljikom i vodikom (gorenje) te sa željezom (korozija)

... je tako puno O_2 ?



Kada na Zemlji ne bi bilo života, zrak ne bi sadržavao O_2 ; bez oceana bio bi mnogo veći udio ugljičnog dioksida (CO_2).



Rana Zemljina atmosfera: CO_2 , N_2 , H_2O .

Hlađenjem, H_2O je kondenzacijom (kišom) stovrio oceana.

CO_2 se lako otapa u vodi (oceanima),

i dalje taloži kao karbonatne soli

(kao

što je vapnenac).

Pred 3.5 milijardi godina, fotosintetski organizmi počeli su oslobađati O₂.

Fosilizirana kolonija
“cyanobacteria”
(plavo-zelene alge)

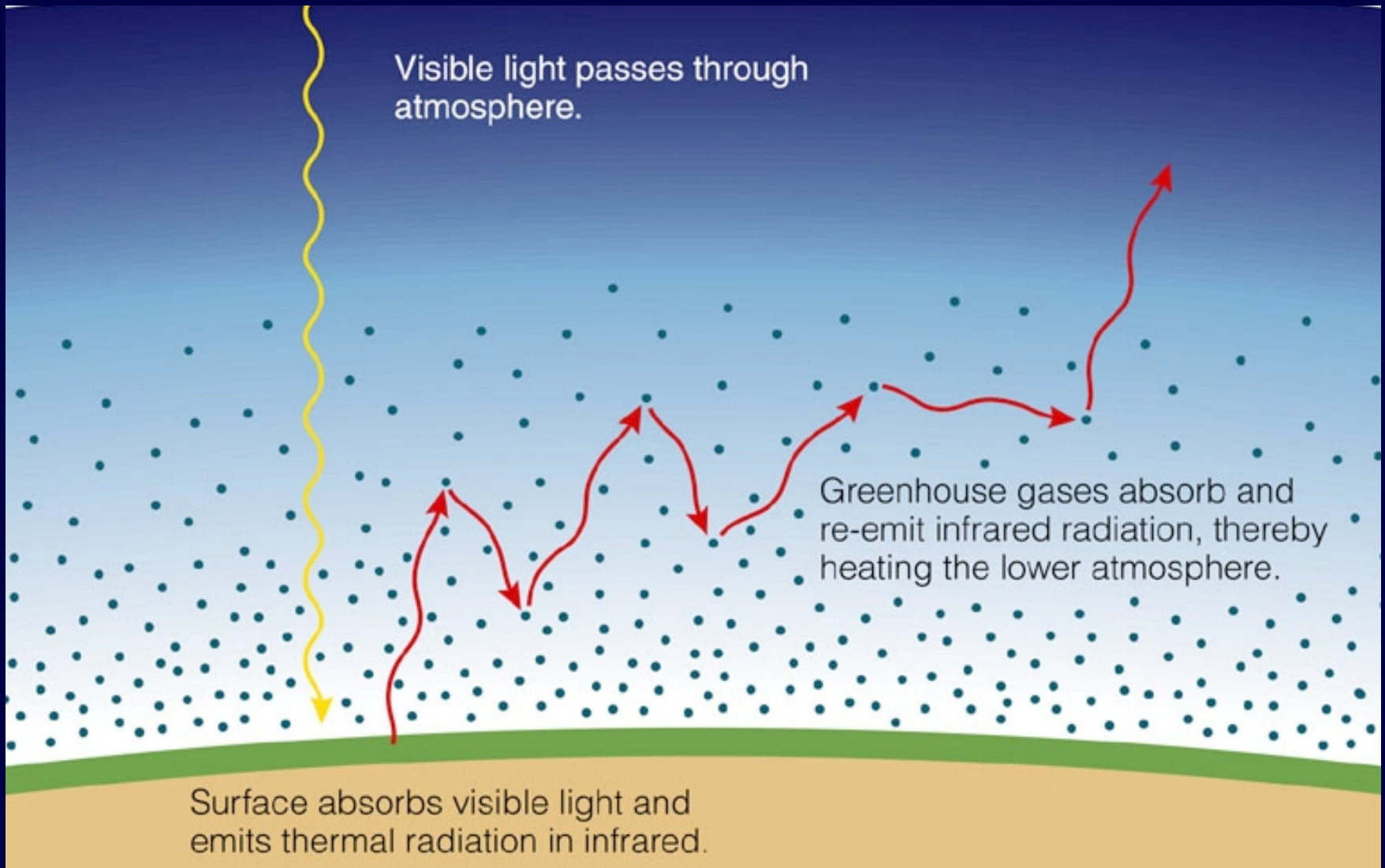


Kombinacija mnogih faktora...

Zemlja je habitabilna jer je:

- dovoljno velika da održi geološku aktivnost,
- na pravoj udaljenosti od Sunca da su mogli nastati oceani, i
- sačuvala je vodu u atmosferi koja pomaže CO₂ ciklusu

Staklenički efekt



Staklenički plinovi

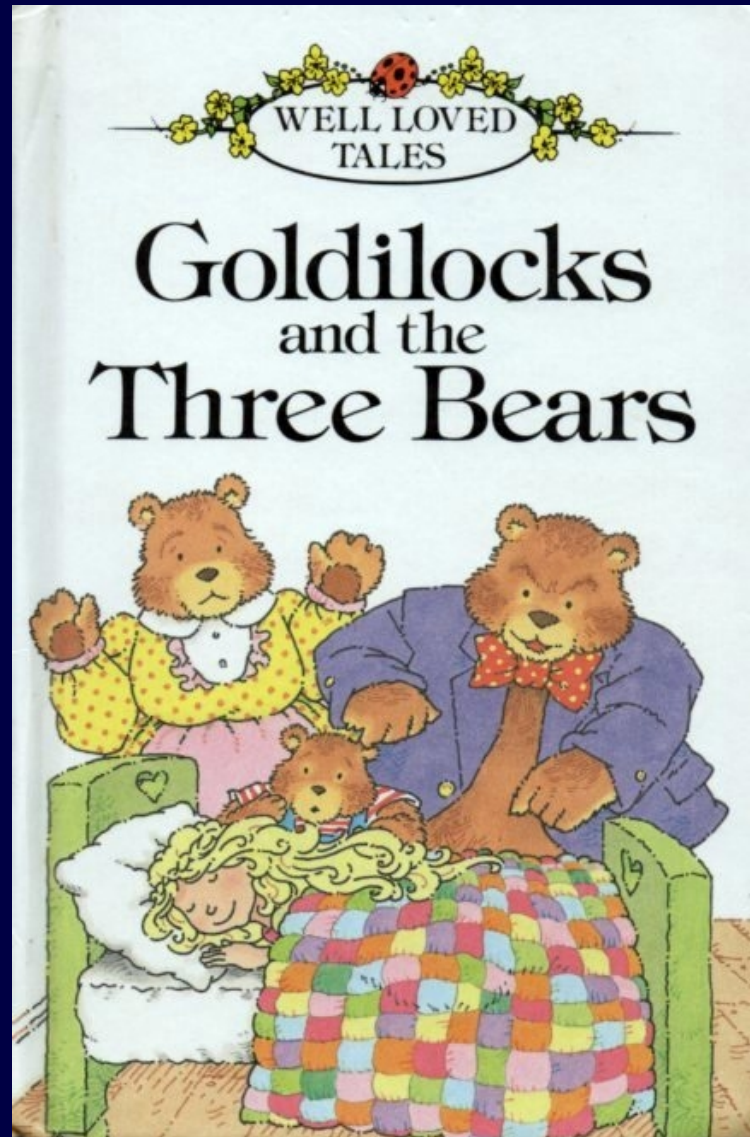
- Plinovi koji apsorbiraju infracrveno zračenje
- **Staklenički plinovi:** najčešće molekule koje sadrže dva različita elementa (CO_2 , H_2O , CH_4)
- **Nestaklenički plinovi:** molekule s jednim ili dva atoma istog elementa (O_2 , N_2)

Staklenički efekt

Zemlja je toplija zbog stakleničkog efekta nego što bi bila bez atmosfere... ali isto je i s Venerom...

Kako je Zemlja uspjela “regulirati” CO₂?

Goldilocks i Zemljin CO₂ ciklus



Goldilocks & i Zemljin CO₂ ciklus

Što Cola ima s astronomijom?



U početku Cola nije bila “pjenušavi” napitak

COCA-COLA
SYRUP ♦ AND ♦ EXTRACT.

For Soda Water and other Carbonated Beverages.

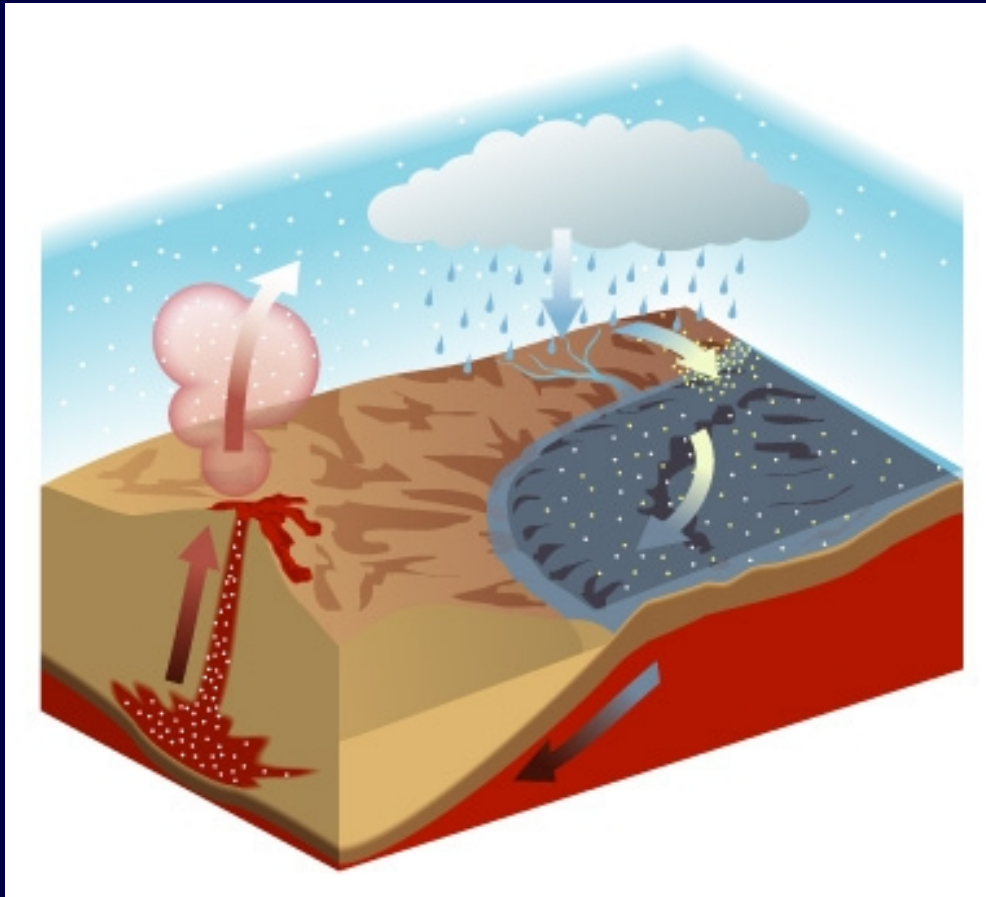
THIS “INTELLECTUAL BEVERAGE” and TEMPERANCE DRINK contains the valuable TONIC and NERVE STIMULANT properties of the Coca plant and Cola (or Kola) nuts, and makes not only a delicious, exhilarating, refreshing and invigorating Beverage, (dispensed from the soda water fountain or in other carbonated beverages), but a valuable Brain Tonic, and a cure for all nervous affections — SICK HEAD-ACHE, NEURALGIA, HYSTERIA, MELANCHOLY, &c.

The peculiar flavor of COCA-COLA delights every palate; it is dispensed from the soda fountain in same manner as any of the fruit syrups.

J. S. Pemberton,
Chemist,
Sole Proprietor, Atlanta, Ga.



Ciklus ugljikovog dioksida



- Kako **atmosfera** & **tektonika** zajedno reguliraju temepraturu?
- Kakvu ulogu ima život na te procese?

Ciklus ugljikov dioksida

Korak 1: Isparavanje/kiša

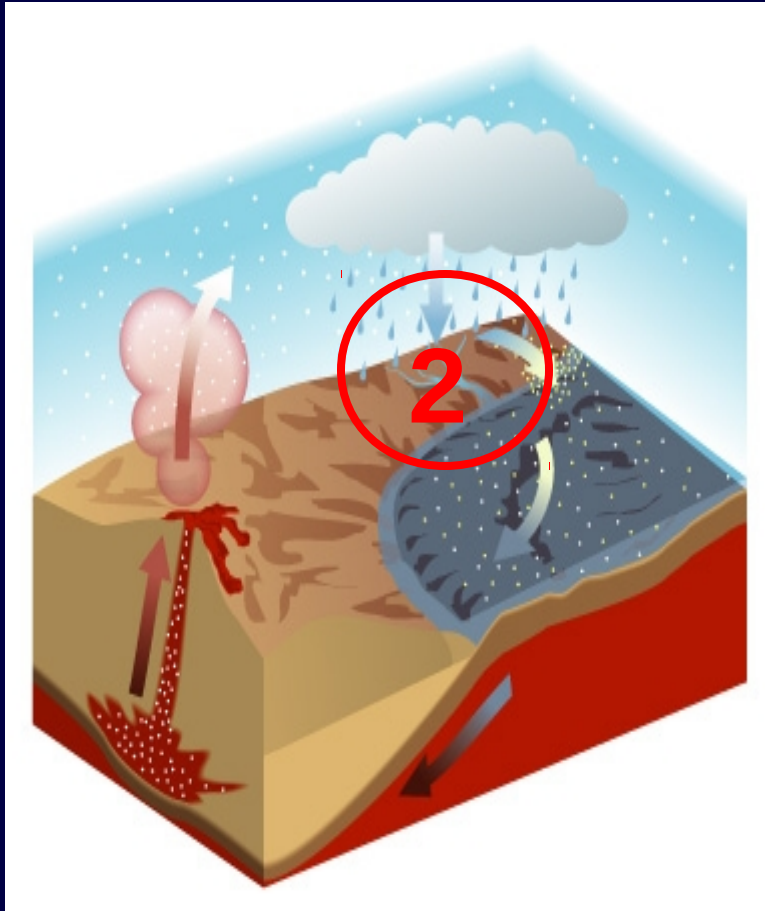


- Tekuća se voda isparava
- Kondenzira u oblacima u nižoj atmosferi
- Kiša pada kroz atmosferu stvarajući karbonatnu (ugličnu) kiselinu (H_2CO_3)

→ CO_2 plin je apsorbiran

Ciklus ugljikovog dioksida

Korak 2: Erozija kiselim kišama



- Karbonatna kiselina (H_2CO_3) u rijekama erodira stijene
 - Karbonatni ion (CO_3^{2-}) pokuljen u mineralima ispire se u ocean
 - Kalcij se lako otapa
- CO_2 se unosi u ocean

Ciklus ugljičnog dioksida

Korak 3: Vezanje ugljika u stijene i organsku tvar



- Kalcij u stijenama čini CaCO_3 (kalcijev karbonat)
- CaCO_3 = Vapnenac
- CaCO_3 = Koralji, školjke!
→ CO_2 se akumulira na dnu oceana.

Ciklus ugljičnog dioksida

Korak 4: Tektonika & subdukcija!

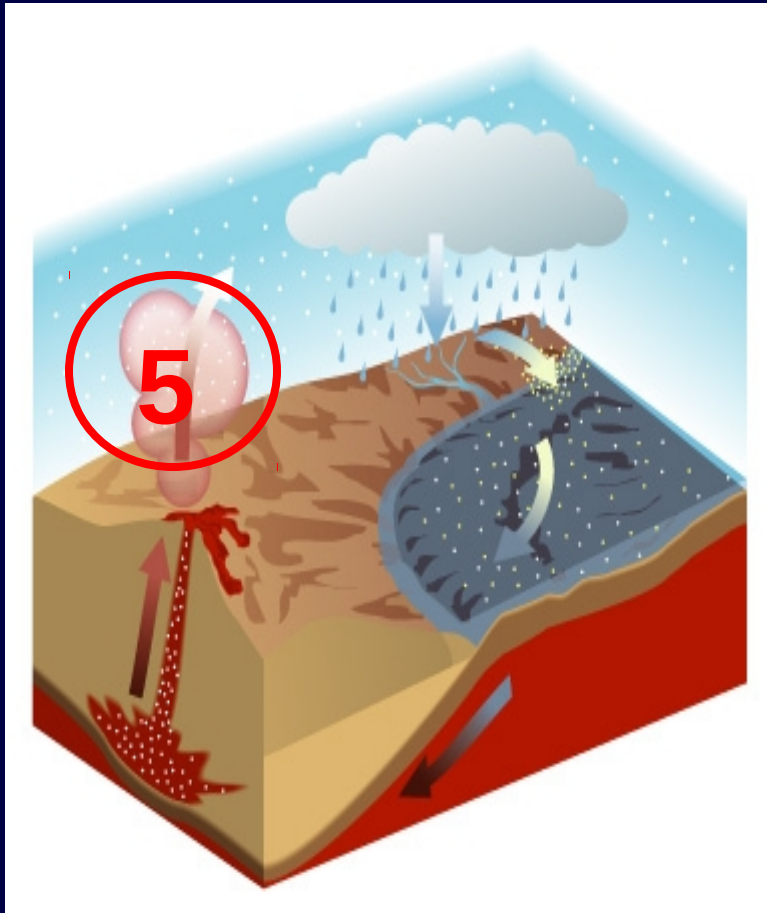


- Tektonika postepeno gura morsko dno dublje
- CaCO_3 puca u CO_2 & i druge minerale

→ CO_2 je sada u kori

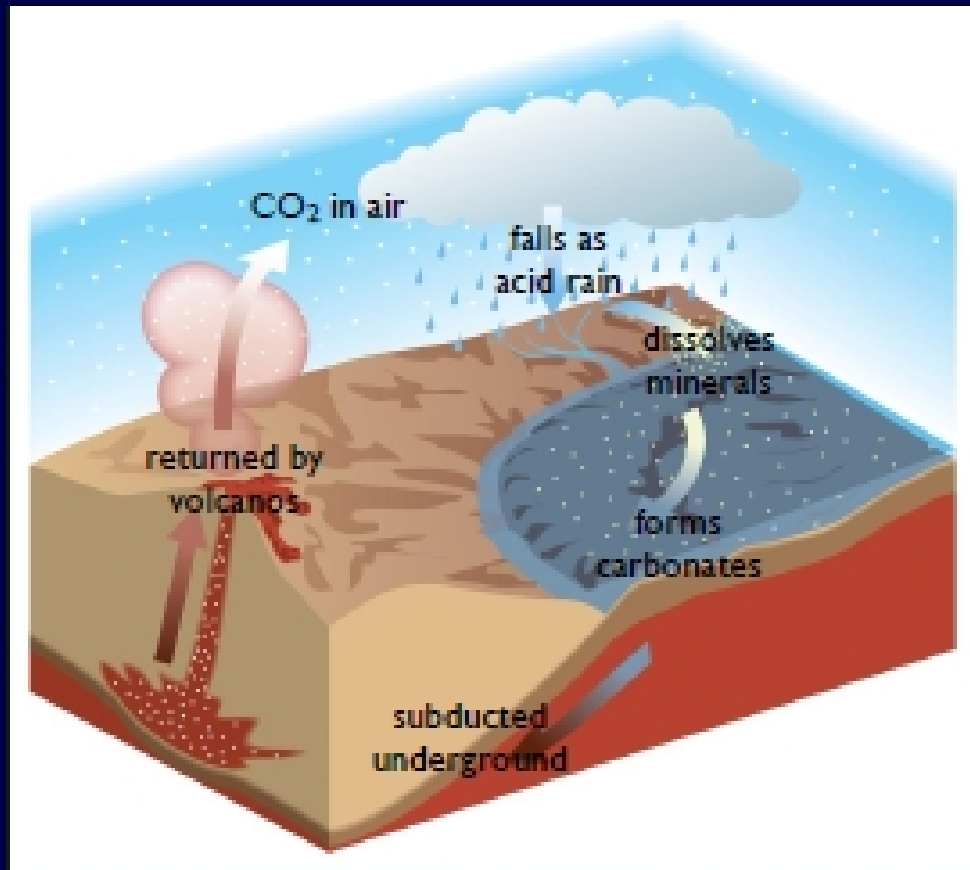
Ciklus ugljičnog dioksida

Korak 5: Uloga vulkana



- Vulkanska aktivnost pušta CO_2 ponovno u atmosferu.
- CO_2 ponovno u atmosferi!
- oko 25 milijuna godina za globalni proces

CO₂ ciklus



toplije → više kiše → manje CO₂ → slabiji efekt staklenika

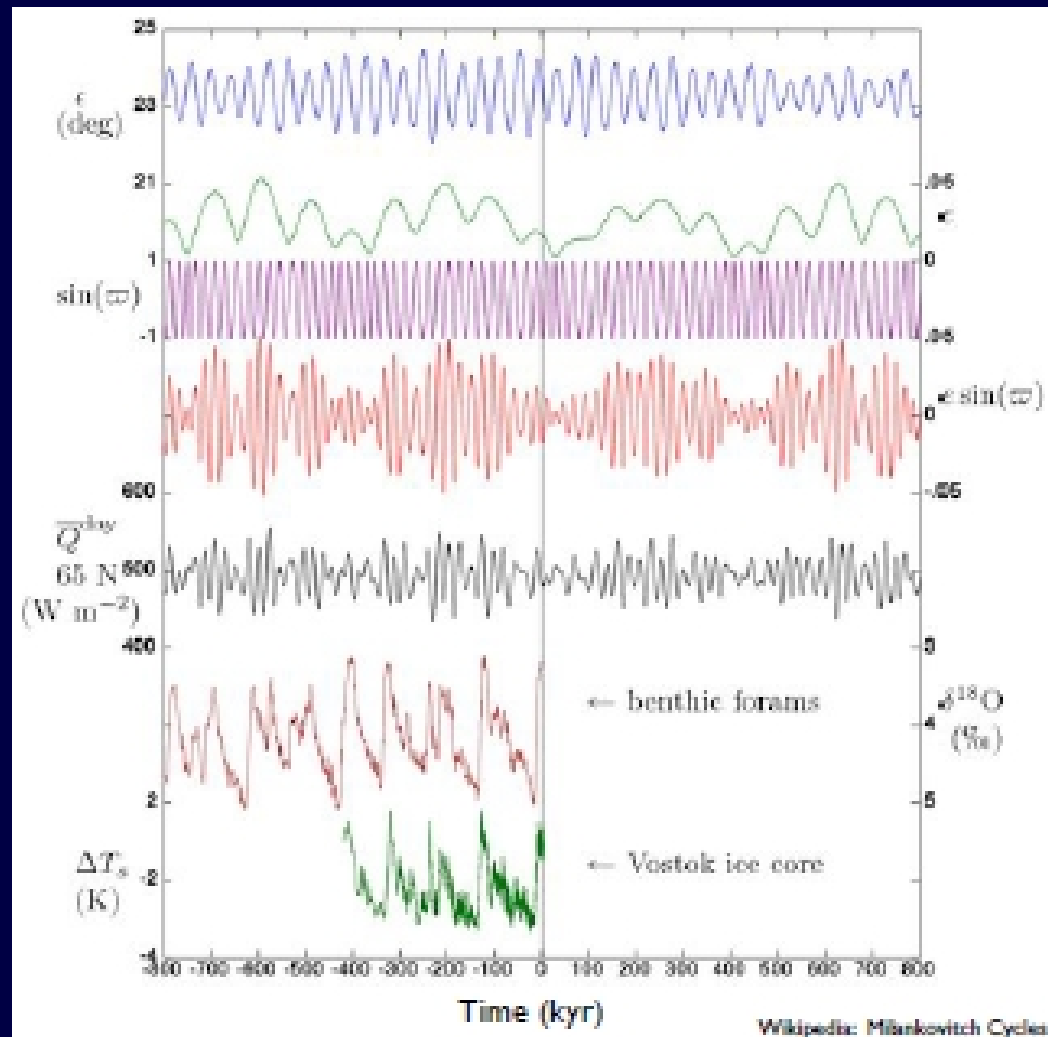
hladnije → manje kiše → više CO₂ → jači efekt staklenika

Tektonika ploča važna za povrat CO₂ u atmosferu.

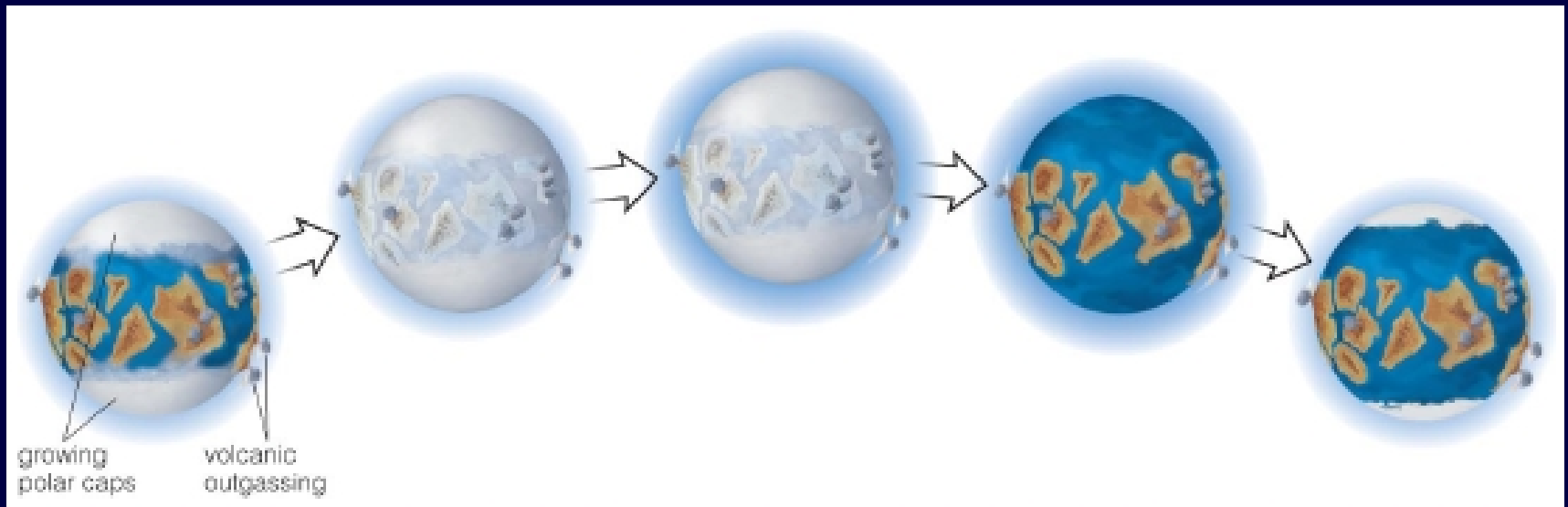
Klimatske promjene

Male pravilne promjene u Zemljinoj orbiti i otklonu rotacijske osi dovode do promjena u količini Sunčeva zračenja koje stiže na tlo.

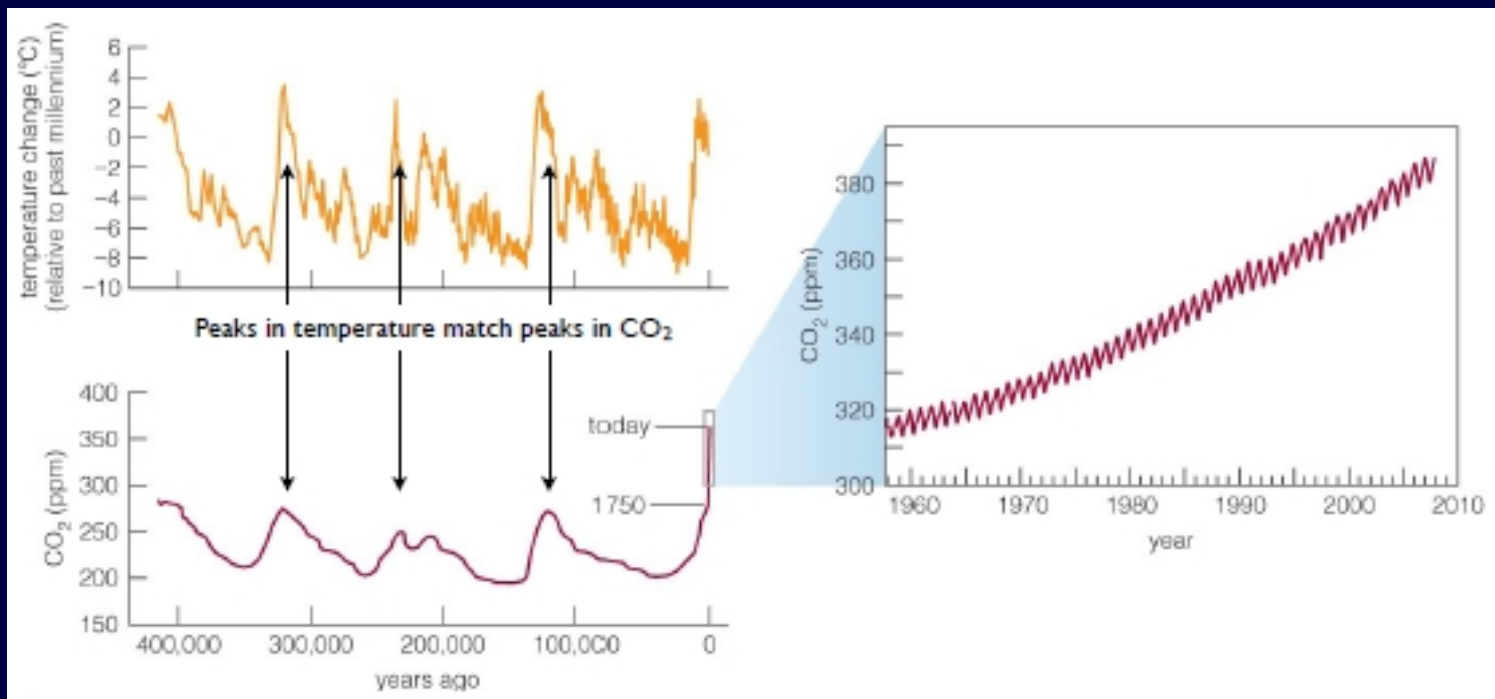
Cikličnost ledenih doba svakih ~ 100000 godina.



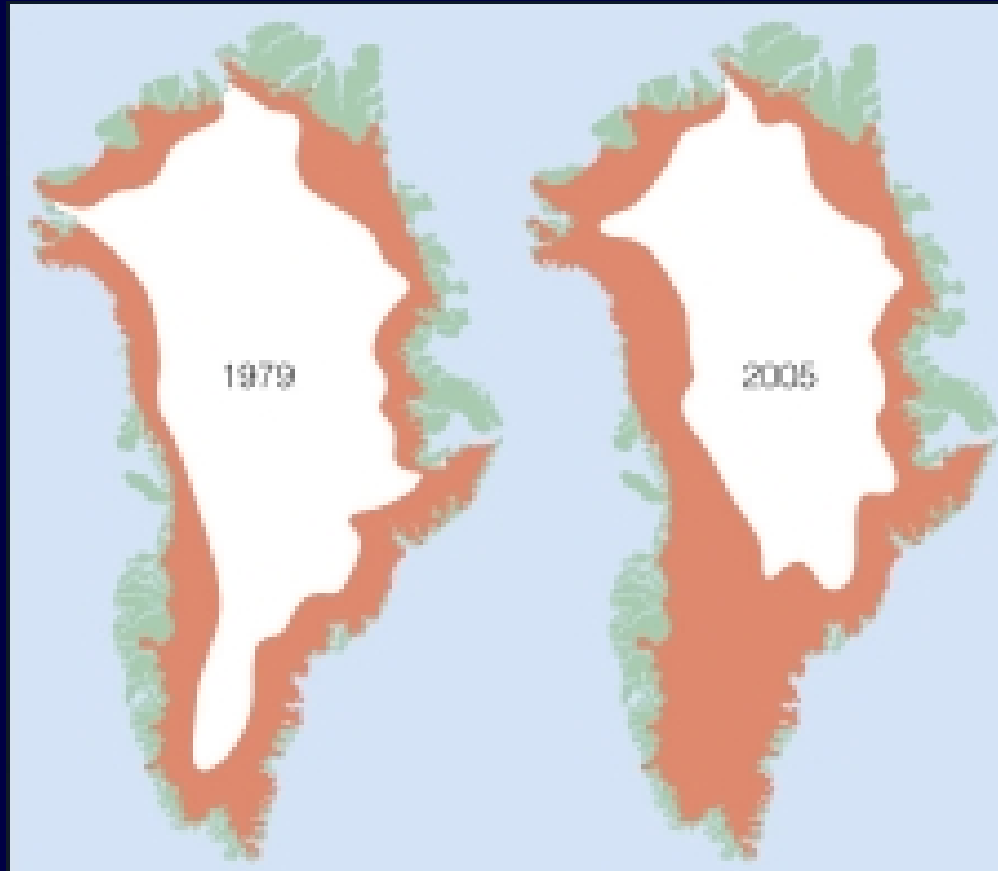
CO₂ i ledena doba



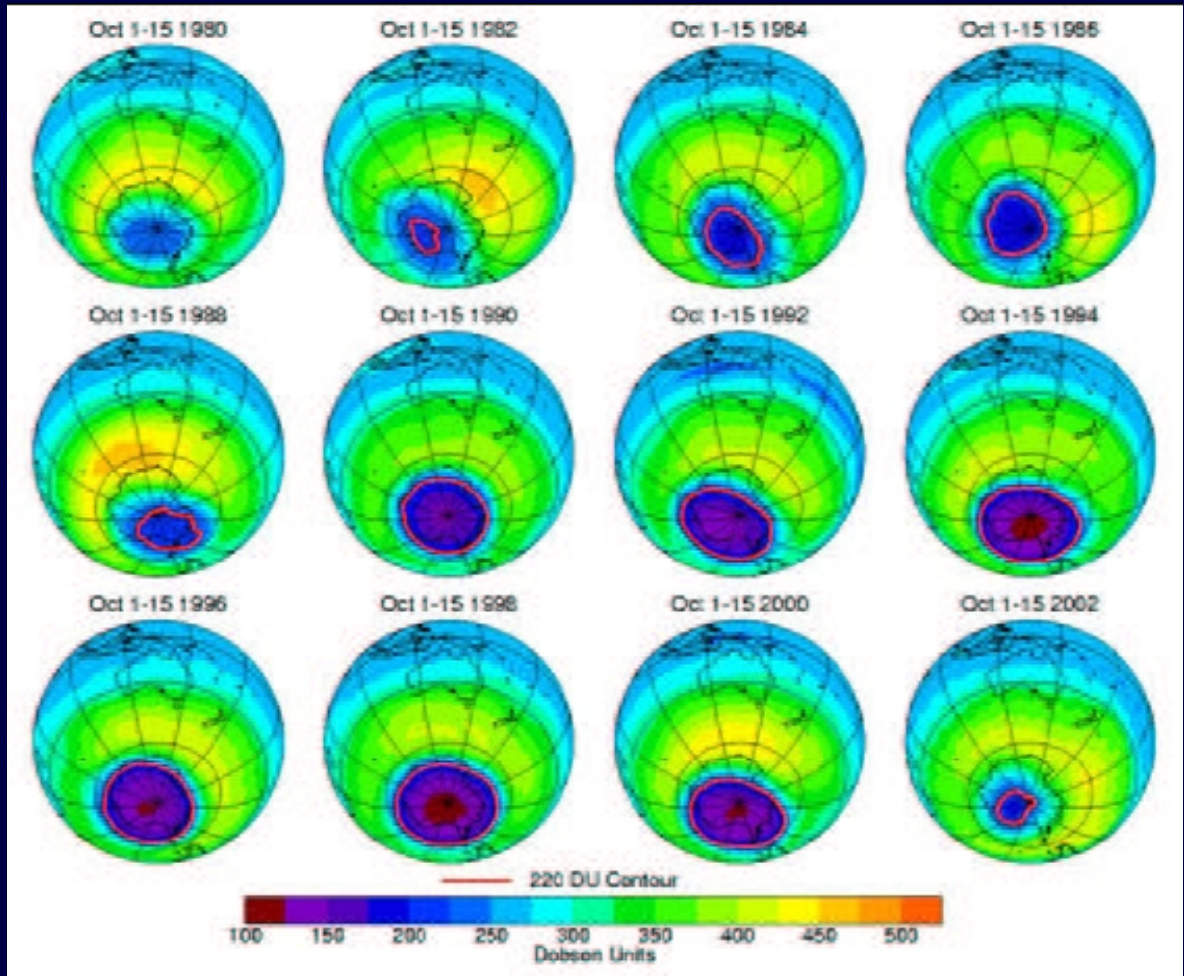
- Tijekom ledenog doba, led pokriva ocene.
- CO₂ kojeg ispuštaju vulkani gomila se u atmosferi.
- Velika koncentracija CO₂ stvara ubrzano zatopljenje (staklenik) i prekida ledeno doba.



Koncentracija CO₂ i temperatura slijede jedna drugu. Ljudska aktivnost dovela je do naglog porasta CO₂ koncentracije.



Dramatične posljedice globalnog zatopljenja u polarnim područjima.



Mercury



Mercury is heavily cratered, but also has long, steep cliffs—one is visible here as the long curve that passes through the center of the image.

Venus



The central structure is a tall, twin-peaked volcano on Venus.

Earth



Earth has a variety of geological features visible in this photo from orbit.

Earth's Moon



The Moon's surface is heavily cratered in most places.

Mars



Mars has impact craters like the one near the upper right, but it also has features that look much like dried up riverbeds.