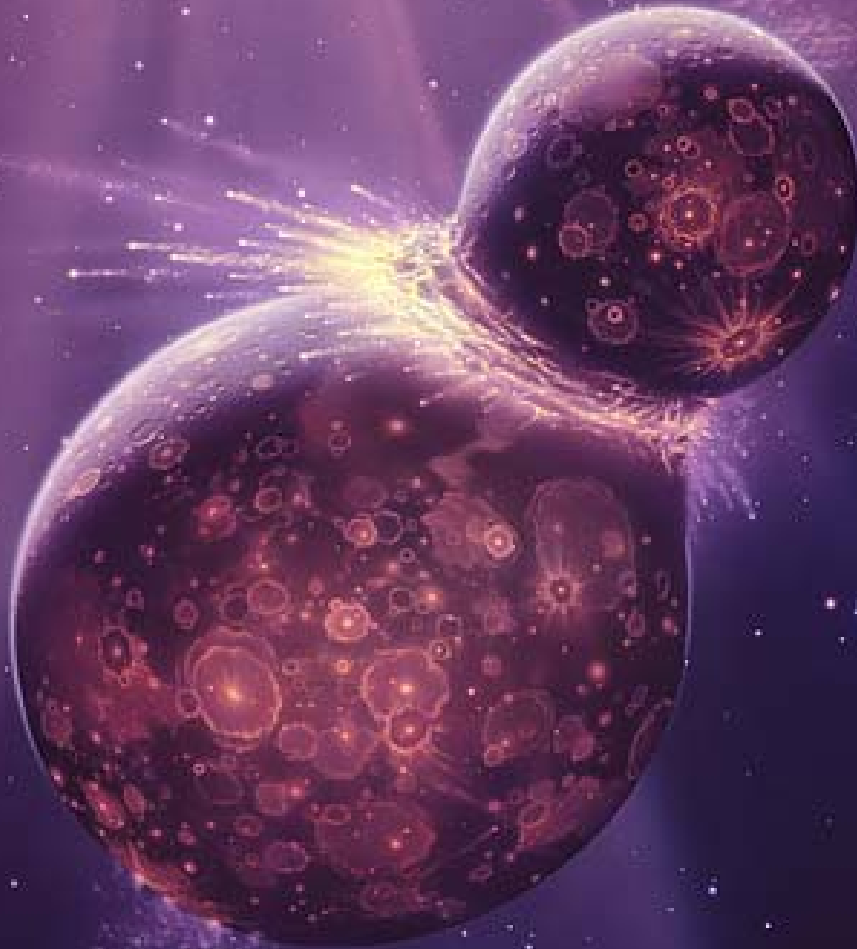


Izotopna geologija stroncija



Basalt lava erupts from Pu`u `O`o spatter and cinder cone at Kilauea Volcano, Hawai`i. Lava spilling from the cone has formed a series of `a`a lava channels and flows.

Kameni meteoriti i praiskonski stroncij



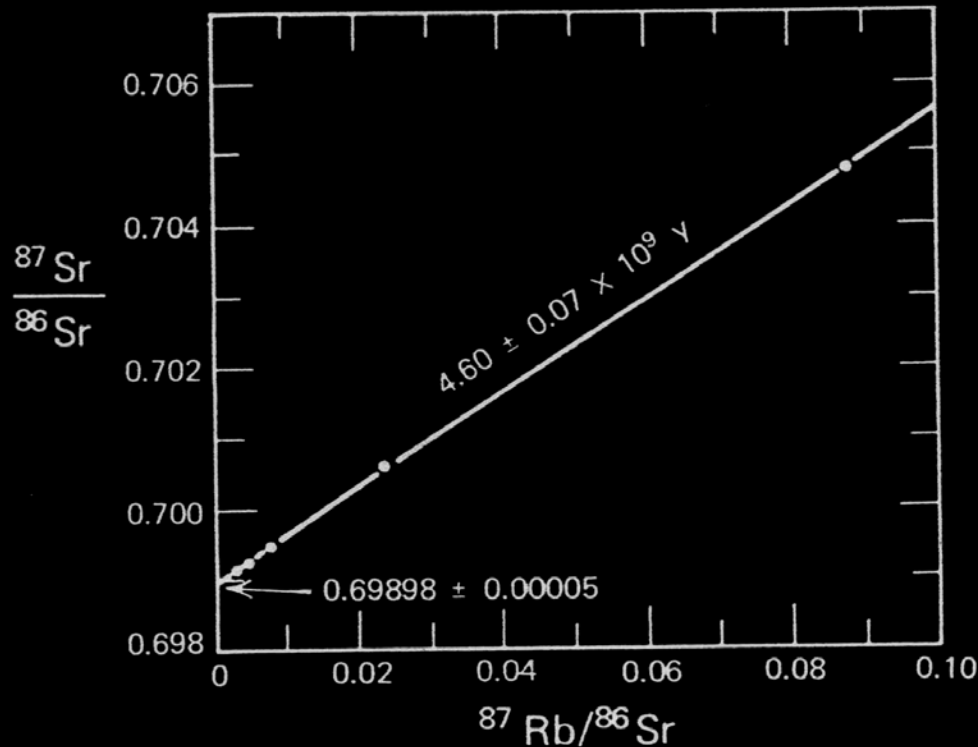
Prva diferencijacija u svemiru na metalne i nemetalne taljevine koje su se ukrutile tvoreći planete (proces brz, unutar 100 ma). Porijeklo meteorita od hipotetske planetarne tvorevine, što je razorena meteoritskim impaktom.

Fe-Ni meteorit i hondritski meteorit



Starost Zemlje poistovjećuje se sa starošću kamenih meteorita.

Starost bazalnog ahondrita Juvinasa



Starost bazalnog ahondrita Juvinasa 4.6 ± 0.1 (Allegre, 1976). Isokrona konstruirana iz stakla, tridimita, kvarca, piroksena, cijele stijene i plagioklasa. Inicijalna vrijednost BABI (Basaltic Achondrite Best Initial), $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{poč}} = 0.698990 \pm 0.00047$



The Juvinas meteorite fell on June 15, 1821 at 3:00 pm near the village of Libonnes in France. It is an achondrite, Eucrite (AEUC). A single stone of 91 kilograms fell. Almost half of Juvinas is lost, the rest is mostly in Paris Natural History Museum. It is a very difficult historic fall to acquire.

Rb-Sr starosti meteorita i početni odnos $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{poč}}$

Table 8.1 Summary of Rb-Sr Dates and Initial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Ratios of Meteorites

MATERIAL	METHOD	DATE 10 ⁹ YEARS	$(\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}})_0$	REFERENCE
Juvinas (achondrite)	Mineral isochron	4.60 ±0.07	0.69898 ±0.00005	1
Allende (carb. chondrite)	Mixed isochron	4.5–4.7	0.6988	2
Colomera (silicate inclusion, iron meteorite)	Mineral isochron	4.61 ±0.04	0.6994 ±0.0001	3
Enstatite chondrites	Whole-rock isochron	4.54 ±0.13	0.6993 ±0.0015	4
Enstatite chondrites	Mineral isochron	4.56 ±0.15	0.7005 ±0.0030	4
Carbonaceous chondrites	Whole-rock isochron	4.69 ^a ±0.14	0.6983 ^a ±0.0024	5
Amphoterite chondrites	Whole-rock isochron	4.56 ±0.15	0.7005 ±0.0015	6
Bronzite chondrites	Whole-rock isochron	4.69 ±0.14	0.6983 ±0.0024	7
Hypersthene chondrites	Whole-rock isochron	4.48 ±0.14	0.7008 ±0.001	8
Krähenberg (amphoterite)	Mineral isochron	4.70 ±0.01	0.6989 ±0.0005	9
Norton County (achondrite)	Mineral isochron	4.7 ±0.1	0.700 ±0.002	10

Note: All dates are based on a value of $1.39 \times 10^{-11} \text{ y}^{-1}$ for the decay constant of ^{87}Rb .

^a Five of 11 specimens fit the bronzite isochron within experimental error. The others scatter widely possibly because of rubidium and strontium contamination.

- | | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| 1. Allegre et al. (1975) | 6. Gopalan and Wetherill (1969) |
| 2. Wetherill et al. (1973) | 7. Kaushal and Wetherill (1969) |
| 3. Sanz et al. (1970) | 8. Gopalan and Wetherill (1968) |
| 4. Gopalan and Wetherill (1970) | 9. Kempe and Müller (1968) |
| 5. Kaushal and Wetherill (1970) | 10. Bogard et al. (1967) |

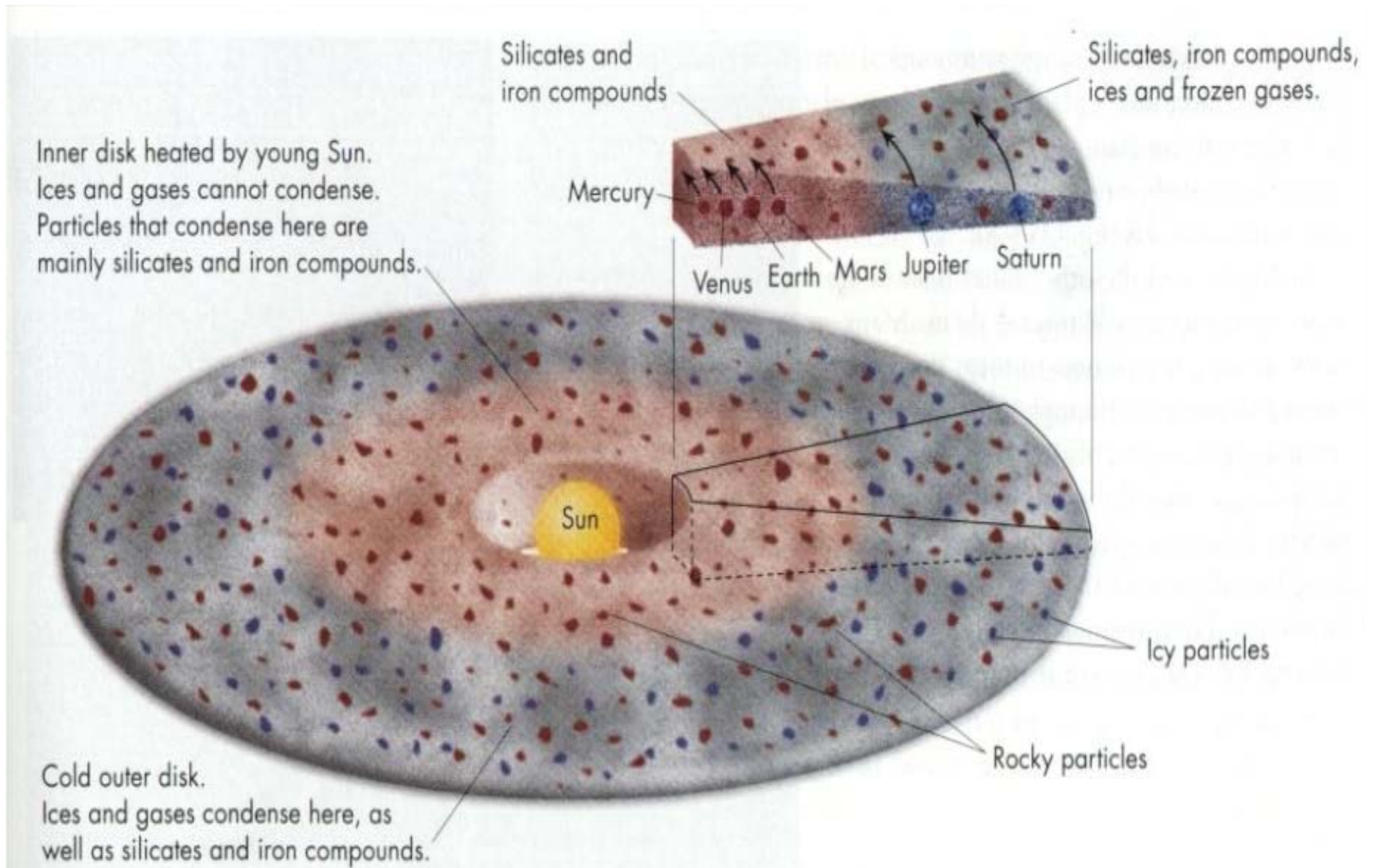


Allende hondrit



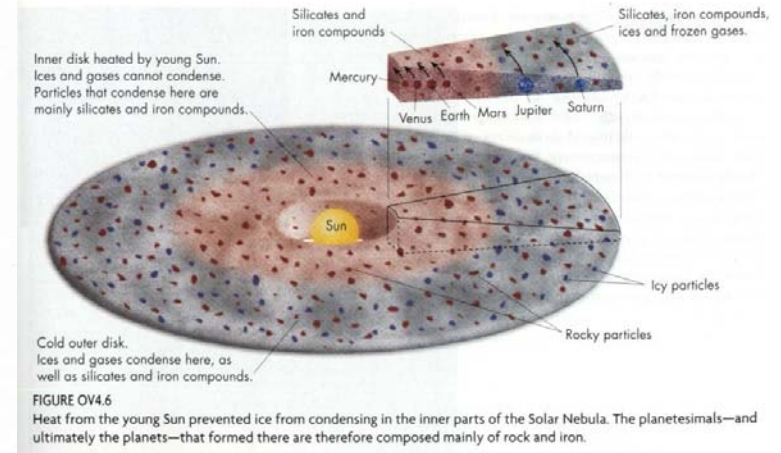
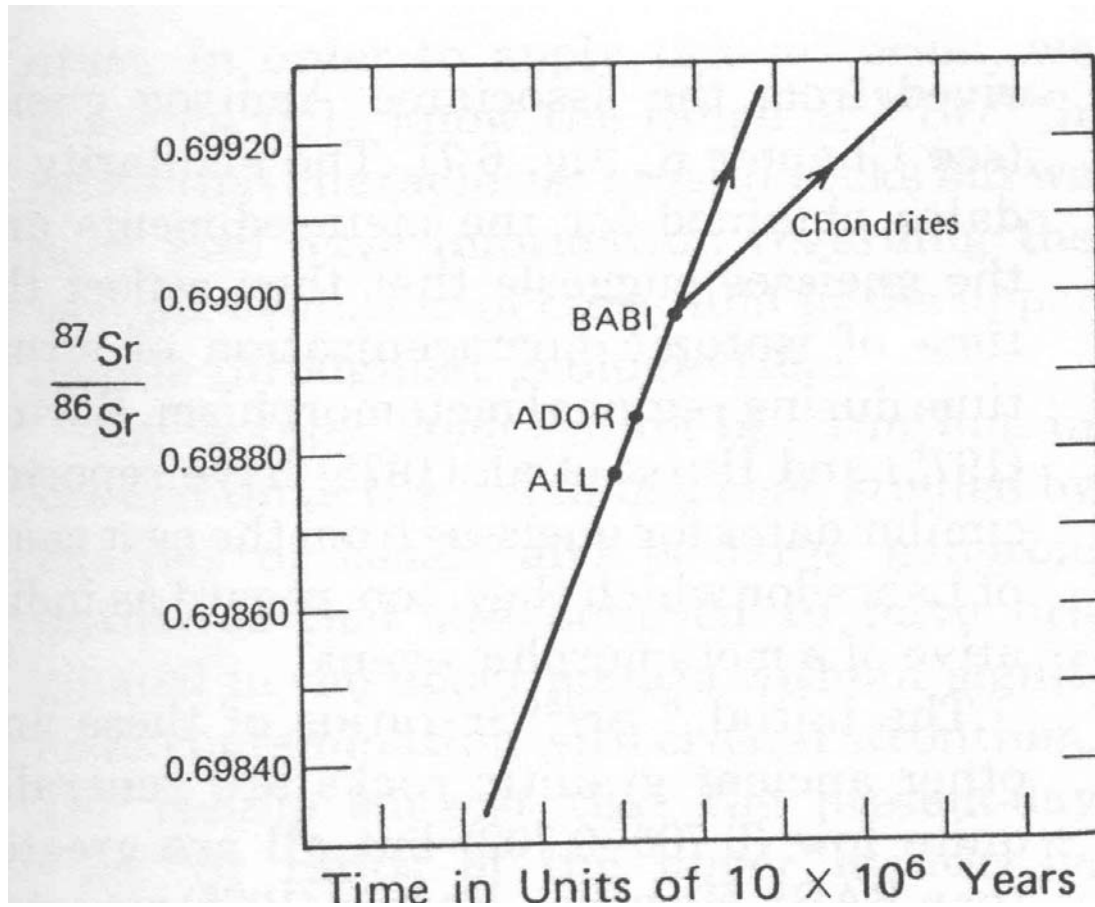
Norton County ahondrit

Početna vrijednost $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{poč}}$ pojedinih tipova meteorita je slična ali se ipak malo razlikuje. To ukazuje na procese u najranijoj fazi rađanja sunčevog planetarnog sustava.



Heat from the young Sun prevented ice from condensing in the inner parts of the Solar Nebula. The planetesimals—and ultimately the planets—that formed there are therefore composed mainly of rock and iron.

Izotopni razvoj Sr u solarnoj nebuli



Odnosi $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{poč}}$ u pojedinim meteoritima zvani ALL, ADOR, BABI ukazuju na rane procese rađanja sunčevog sustava.



Izotopna evolucija stroncija na Zemlji

Pitanje: Koliko je stara Zemlja?

Odgovor: Prema meteoritima 4 600 ma !

Pitanje: Koliko je stara kora?



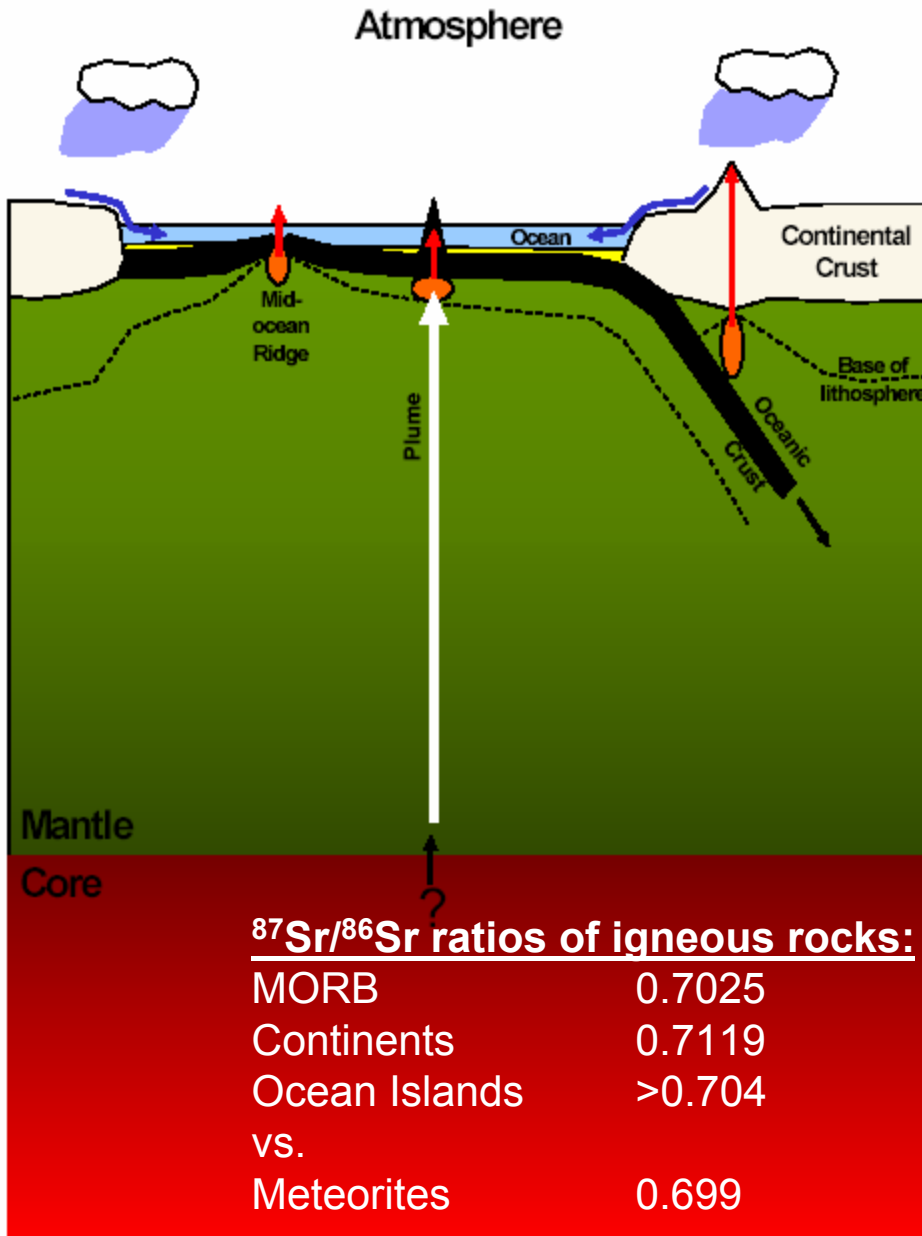
Prva kora nastala primarnom diferencijacijom.

Odgovor:

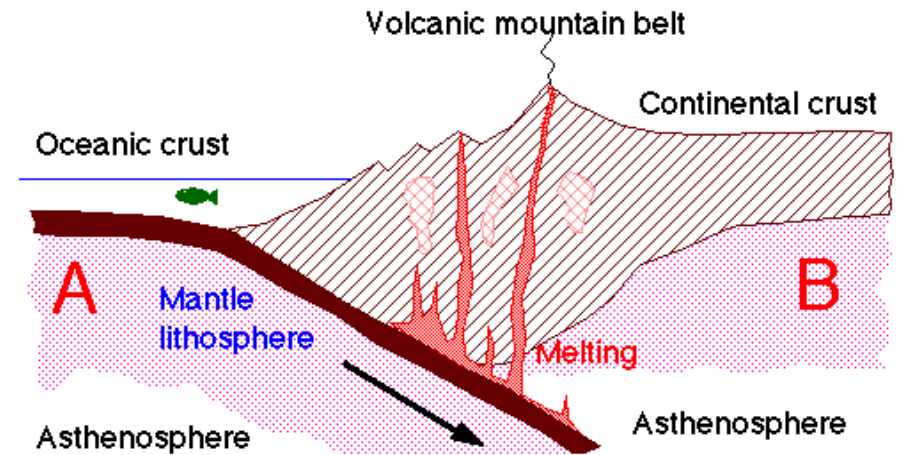
Kora mora biti **vrlo stara**. Najstarije stijene na Greenlandu su gnajsevi (3 710 ma, Moorbath, 1975), a to znači da su nastali trošenjem kore barem 200 ma ranije. Stara kora sadrži metavulkanite, željezovite kvarcite (sedimenti, voda !!!), konglomerate s granitskim valuticama (3710 ma, vjerojatno sve-prisutna homogenizacija).

Vrlo niski odnos $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{poč}} = 0.7004$ u granitima, ali viši od BABI

Izotopna evolucija terestričkog stroncija



Not to scale

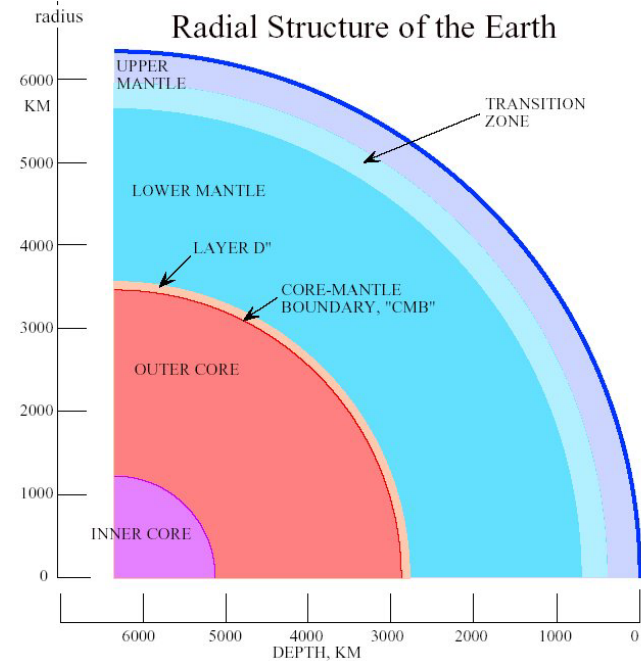
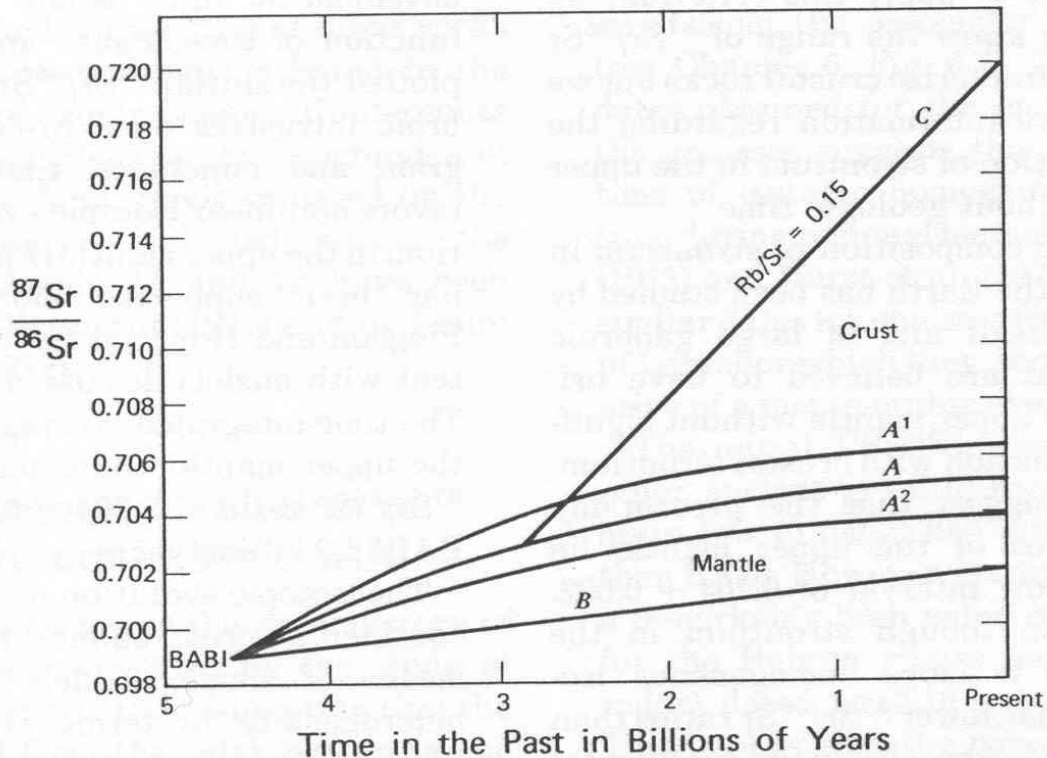


$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ trajno se mijenja od početka stvaranja Zemlje proporcionalno odnosu $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$.

Odnos $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ bitno se mijenja u različitim dijelovima litosfere i astenosfere.

Primarna diferencijacija Zemljinih geosfera i recikliranje materijala tektonikom ploča učinili su Sr-izotopnu sistematiku heterogenom.

Izotopna evolucija terestričkog stroncija



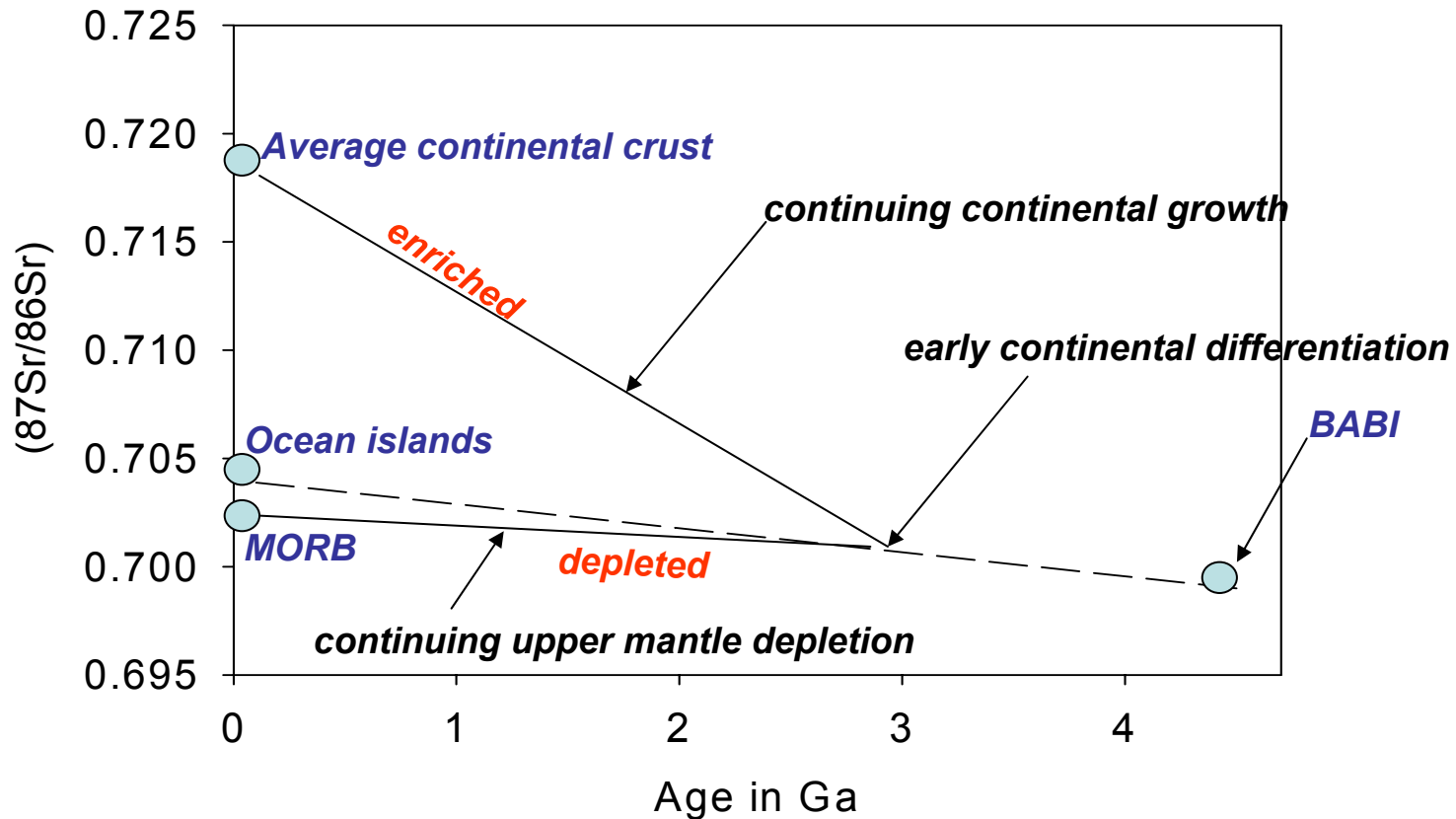
Izotopna evolucija terestričkog stroncija. Tri zakrivljene linije **A** predstavljaju razvoj ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) u Plaštu ispod Kore koji se tijekom vremena usporava zbog učešća u stvaranju Kore.

Linija **B** je rast ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) u osiromašenom Plaštu (depleted) u ranoj fazi stvaranja Kore. Linija **C** je rast Sr-izotopa u Kori stvorenoj prije 2.9 by.

Izotopna evolucija terestričkog stroncija

Pitanje:

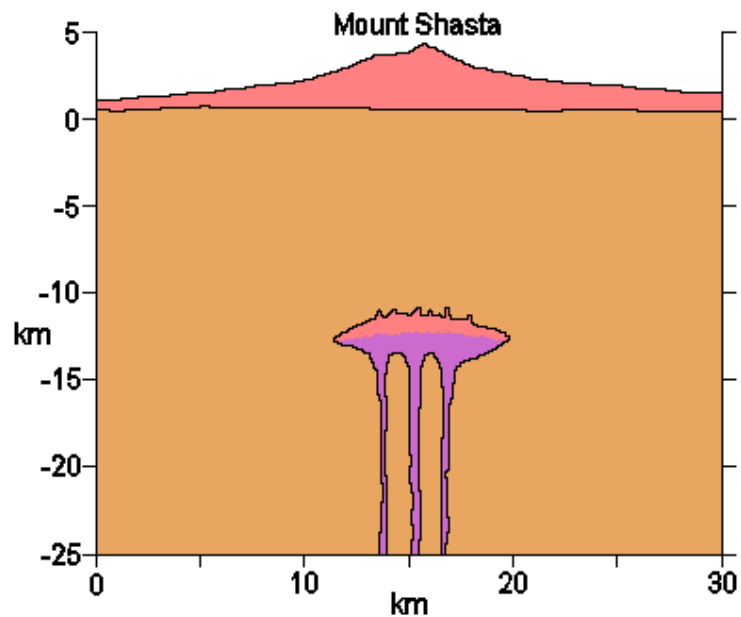
Da li je moguće je razlikovati podrijetlo magme na osnovi $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{poč}}$ u magmatskim stijenama?



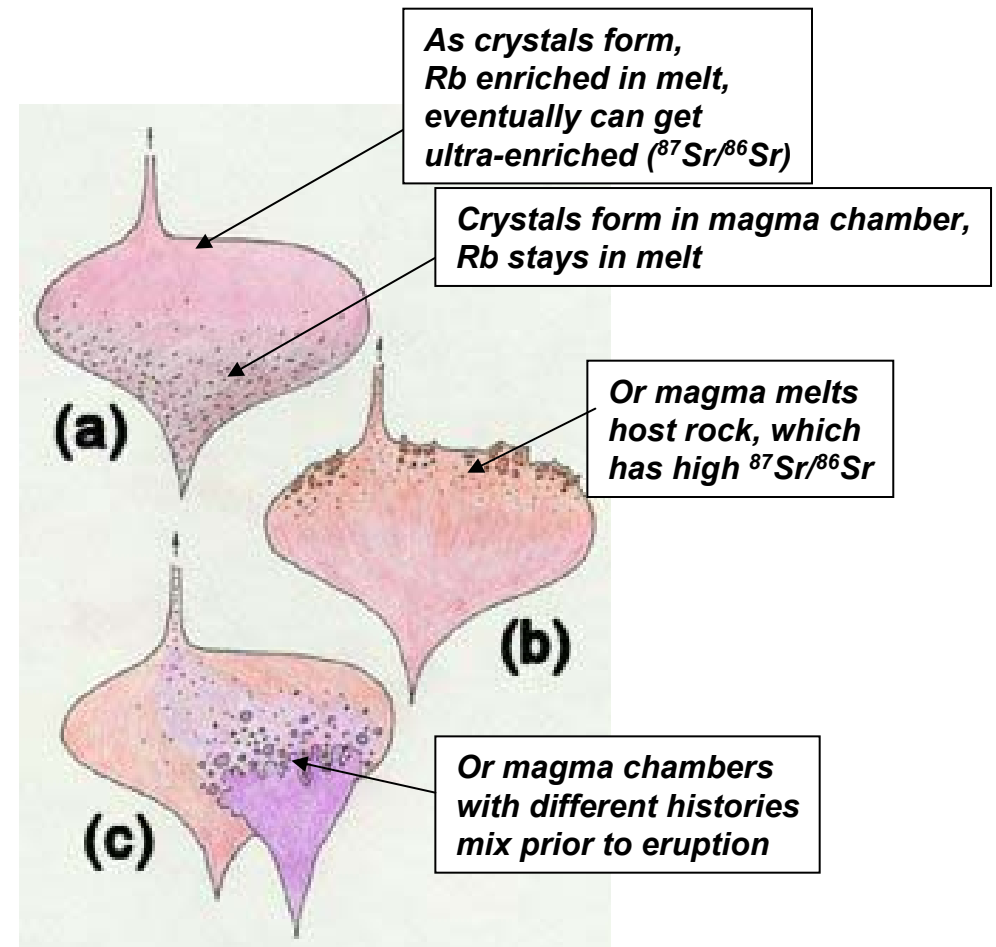
Izotopna evolucija terestričkog stroncija

Pitanje:

Kako objasniti ekstremno visoke vrijednosti odnosa Sr-izotopa?

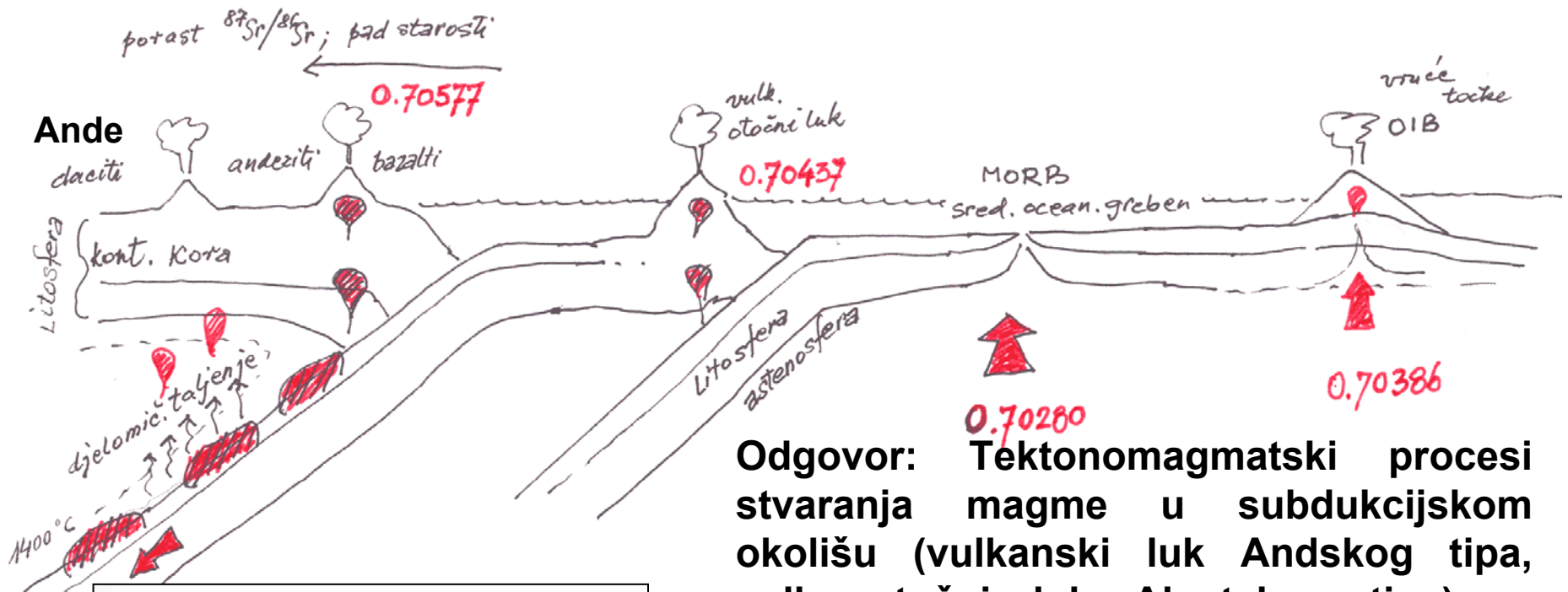


Mt. Shasta lavas span a wide range of Sr isotopic chemistries

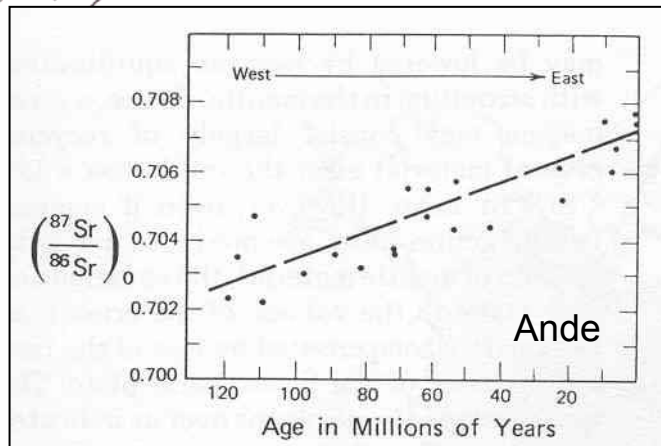


Tektonika ploča

Pitanje: Kako prepoznati magmatske izvore?



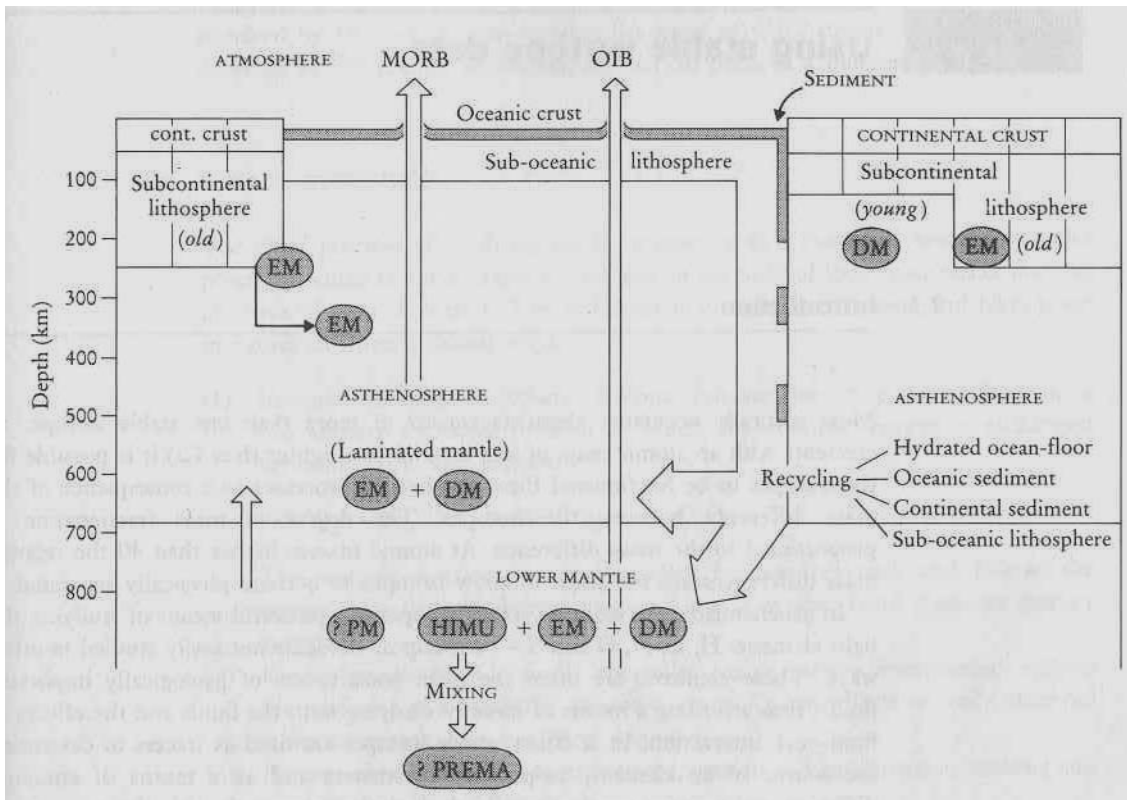
Odgovor: Tektonomagmatski procesi stvaranja magme u subdukcijskom okolišu (vulkanski luk Andskog tipa, vulk. otočni luk Aleuskog tipa), u srednjo-oceanskim grebenima, vrućim točkama u oceanu, u kontinentu, itd., prepoznaju se u karakterističnom odnosu ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$).



Sistematska varijacija početnih vrijednosti ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)_{poč} u vulkanskim i plutonskim magmatima centralnih Anda

Homogenost Plašta

Pitanje: Da li je plašt homogen ili heterogen?



Izotopna geologija ostvorila mogućnost studiranja dubokih procesa komunikacije od Kore do granice donji-gornji Plašt.

Različiti rezervoari Kore i Plašta prema izotopnom sastavu, EM (enriched mantle), DM (depleted mantle), PM (? , primitive mantle), PREMA (prevalent mantle), HIMU (mantle with high U/Pb).

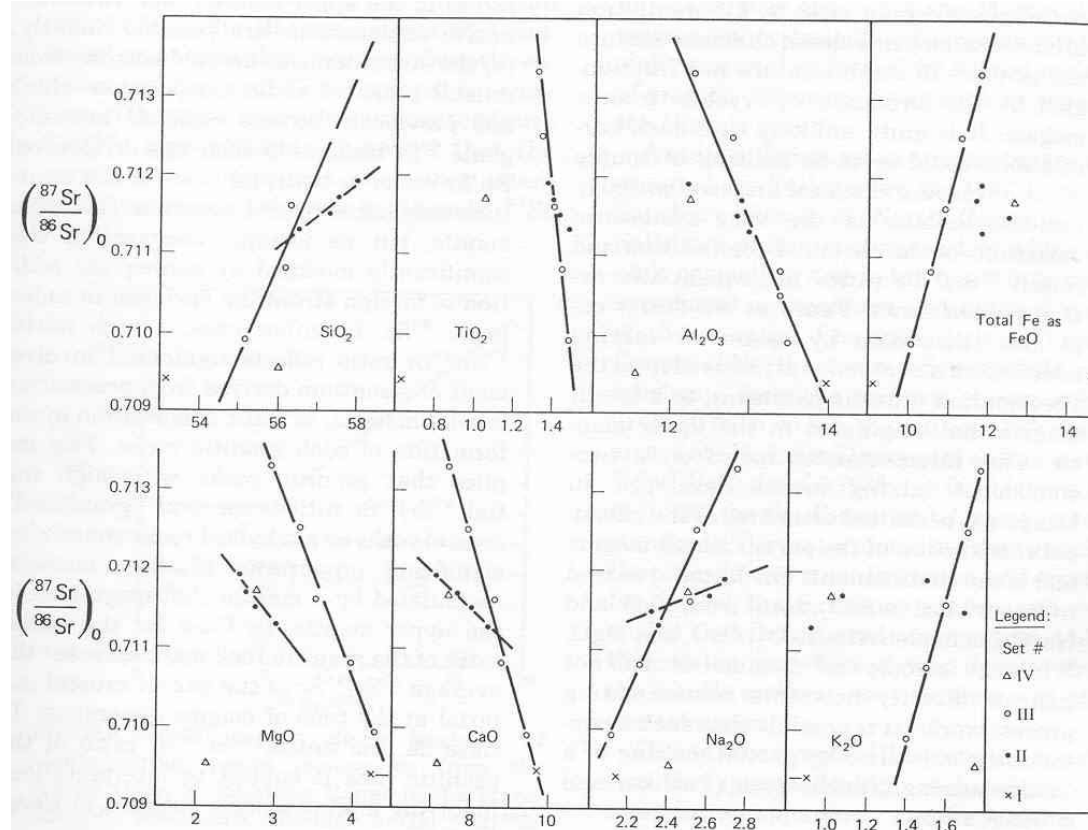
Plašt je izotopno heterogen !!!
(odnosi se i na druge izotopne sisteme, Sm/Nd, U/Pb, Th/Pb itd.)

Odgovor: Plašt pokazuje visok stupanj heterogenosti na osnovi izotopnog sastava i složenosti procesa na mikro i makro skali što dovodi do osiromašjenja ili obogaćenja inkompatibilnim elementima i njihovim radiaktivnim produktima (depletion ili enrichment)

Srodnost stijena

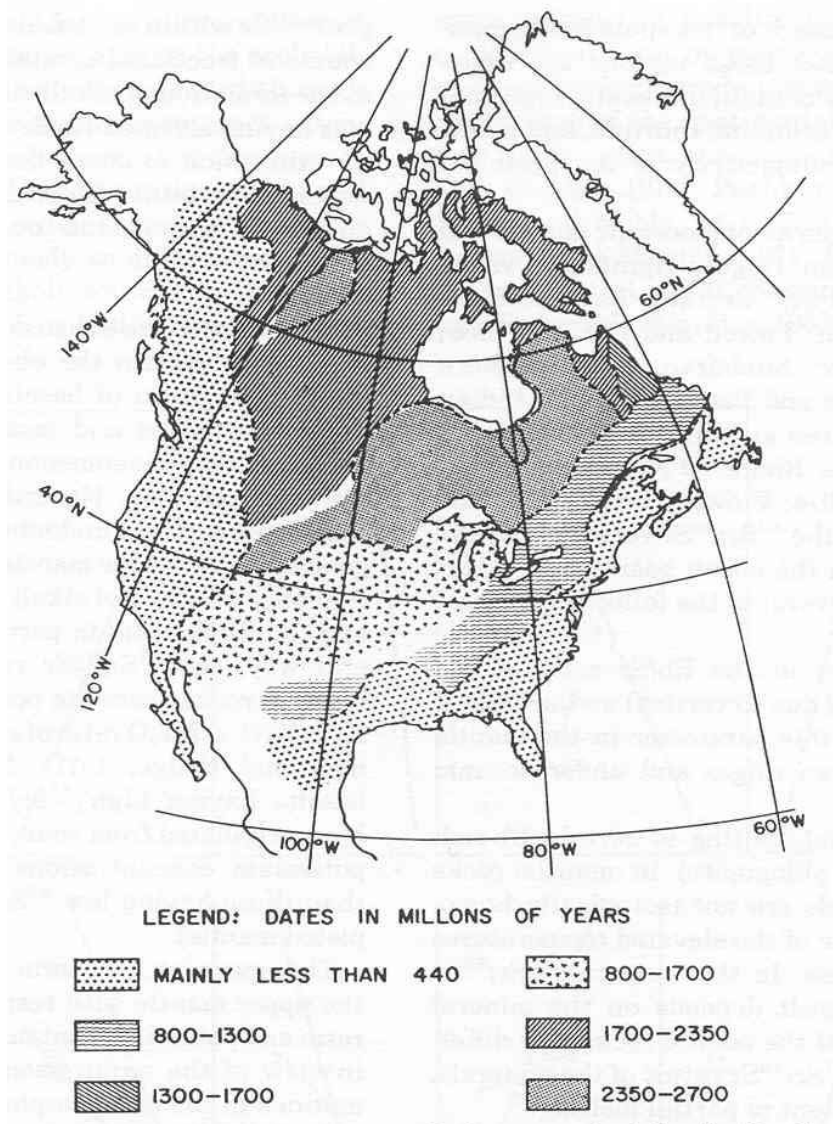
Bazaltna provincija (jura) Storm peak, Transantartica Mts. $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{poč}}$ varira od 0.7094 do 0.7133. Odlična korelacija s glavnim elementima.

Pitanje: Podrijetlo magme jedinstveno ili ne?



Odgovor: Ne, odlična korelacija $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{poč}}$ s glavnim elementima i visoka varijabilnost govore u prilog miješanja magmi.

Prirastanje (akrecija) kontinentalne kore kroz orogene



Rb/Sr datiranje kratonskih tvorevina u Sj. Americi. Prirastanje kontinentata; starija jezgra u sredini kontinenta, na rubu mlađi orogeni, uoči magičnu vremensko trajanje orogenetskog ciklusa (Wilsonovog ciklusa) od 400 ma.



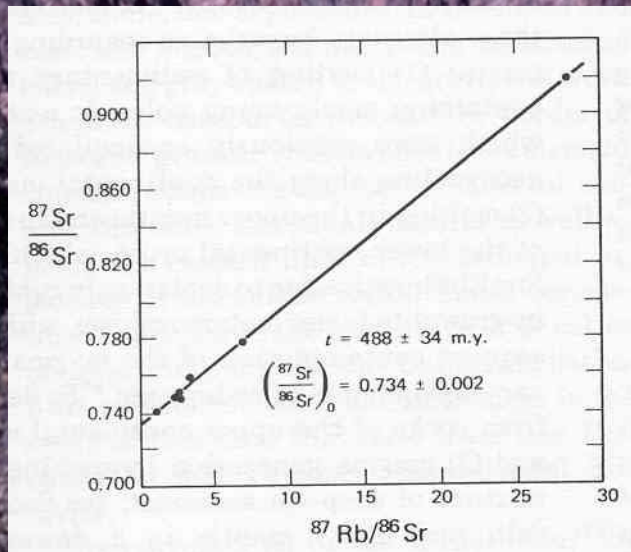
Arhajski jastučasti bazalti

Podrijetlo granitskih stijena

Pitanje: Kako prepoznati podrijetlo granita?

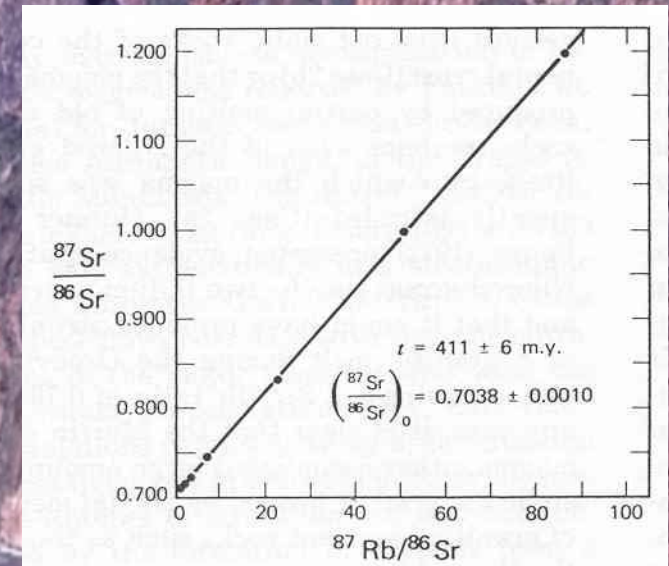
Odgovor:

- Iz Gornjeg Plašta, $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{poč}} < 0.700$, ako nema kontaminacije
- $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{poč}} > 0.706$, izvor magme u Plaštu, ali je značajna asimilacija stijena iz kore.
- Pretaljivanje stijena kore ako se $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{poč}}$ nalazi izvan područja vrijednosti karakterističnih za plašt



Cijelo-stijenska Rb-Sr isokrona za biotit-kvarc monzonit Martin Dome u Millerovom gorskom lancu Transantarktičkih planina.

Granitska magma nastala ili jakom kontaminacijom stijenama Kore ili njihovim pretaljivanjem, PREMA $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{poč}} = 0.734 \pm 0.002$



Cijelo-stijenska isokrona za Salisbury pluton u Sjevernoj Karolini. Izrazito niska vrijednost $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{poč}} = 0.7038 \pm 0.0010$ upućuje na podrijetlo iz Plašta.

Oceani

Kontrola izotopnog sastava ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)_{mor.voda} morske vode

Izotopni sastav morske vode zavisi o brojnim čimbenicima;

Vulkanska aktivnost (hidrotermalna na MORB-u (0.703, 1×10^{18} g/ma,

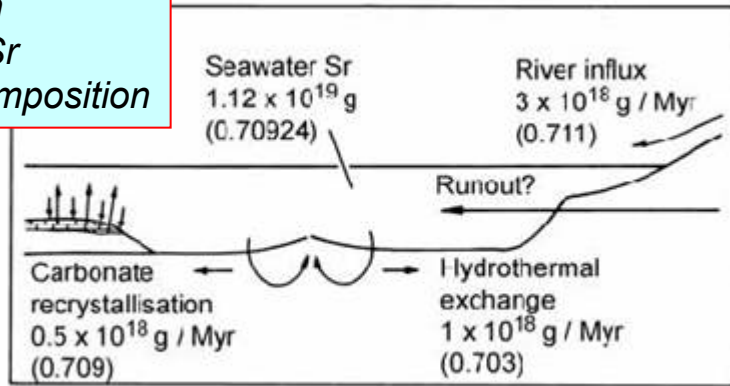
Karbonatna rekristalizacija (0.709, 0.5×10^{18} g/ma)

Donos rijekama (0.711, 3×10^{18} g/ma)

Sastav morske vode (0.709, 1×10^{19} g/ma)

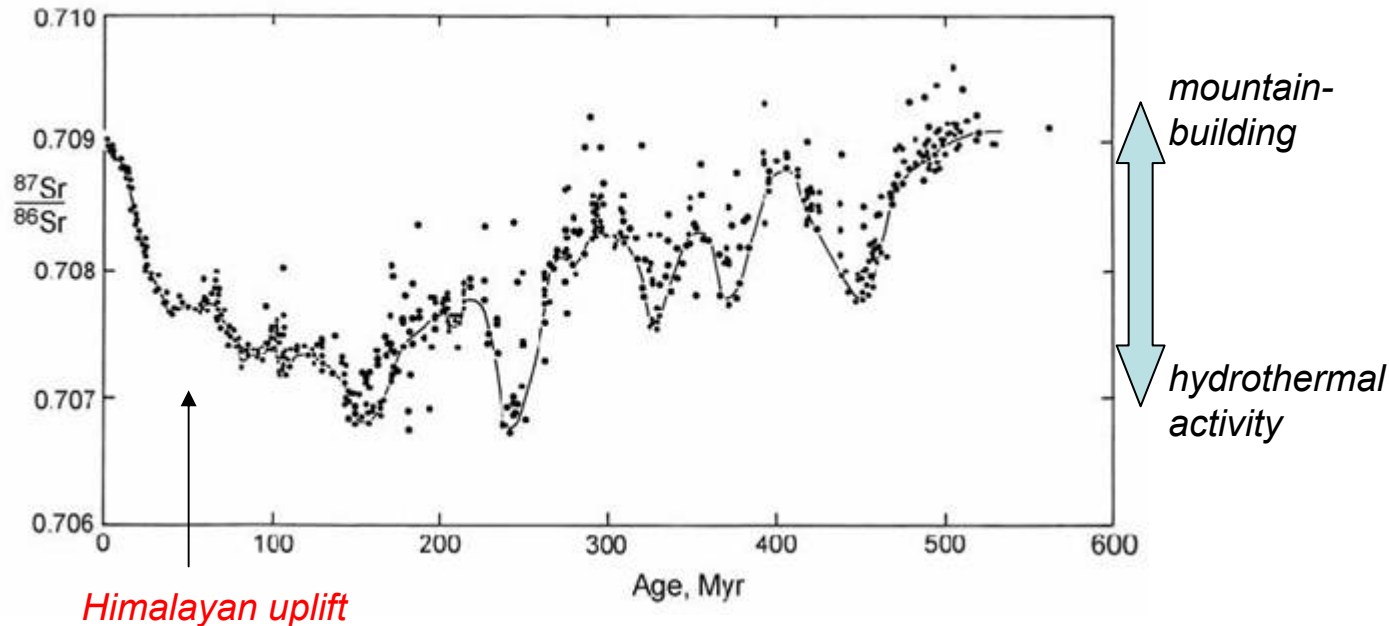
Promjena sastava morske vode ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) kroz vrijeme

Controls on Seawater Sr Isotopic composition



Varijacije ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)_{mor.voda} tijekom fanerozoika izmjerene na fosilnim školjkašima. Dijagram se kontinuirano dopunjava i utočnjava.

Seawater Sr Isotopic Curve (as measured on old and young carbonates)



$$(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{mor.voda}} = (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{vulk.}} + (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{sial kora}} + (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{mor. karbonati}}$$

Kronostratigrafska vremenska skala $\delta^{34}\text{S}$, $\delta^{13}\text{C}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

