

Aurinkokunnan fysiikka

Harjoitus 2/2, kevät 2016.

1. Oletetaan vetyatomi kovaksi palloksi, jonka säde on $5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$ (Bohrin säde) ja massa $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$. Rakennetaan palloista säännöllinen, ääretön kuutiohila. Mikä on tällaisen väliaineen tiheys? Vertaa tulosta kaikkien jättiläisplaneettojen tiheyksiin ja arvioi planeettojen säteet mikäli ne koostuisivat tällaisesta väliaineesta.
2. Laske Rochen rajan etäisyys kaikille planeetoille ja katso kiertääkö yhtään kuuta Rochen rajan sisäpuolella. Entä miten jättiläisplaneettojen renkaat sijaitsevat Rochen raja-alueella verrattuna?
3. Etsi kirjallisuudesta arvot kaikkien planeettojen Bondin albedoille ja mitatuille pintalämpötiloille. Johda tasapainoyhtälöt sekä nopeasti että hitaasti pyörivän planeetan pintalämpötilalle lähtien Stefanin-Boltzmannin laista

$$L = 4\pi R_{\odot}^2 \sigma T_{\odot}^4, \quad (1)$$

missä L on Auringon säteilemä vuo, R_{\odot} on Auringon säde, σ on Stefanin-Boltzmannin vakio ja T_{\odot} on Auringon pintalämpötila. Laske ennusteet kaikkien planeettojen pintalämpötiloille ja vertaa mitattuihin arvoihin. Mistä mahdolliset poikkeamat teorian ja mittausten välillä johtuvat?

4. Maa ja Venus ovat monessa suhteessa "kaksosplaneettoja". Esimerkiksi Maan massa $M_E \simeq 6.0 \times 10^{24} \text{ kg}$ ja säde $R_E \simeq 6.4 \times 10^6 \text{ m}$ kun taas Venuksen massa $M_V \simeq 4.9 \times 10^{24} \text{ kg}$ ja säde $R_V \simeq 6.1 \times 10^6 \text{ m}$. Kuitenkin niillä on hyvin erilaiset kaasukehät. Kaasun paine planeetan pinnalla on Maassa $P_{0,E} \simeq 1.01 \times 10^5 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-2}$ ja Venuksessa $P_{0,V} \simeq 9.2 \times 10^6 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-2}$
 - a) Käyttäen edellä annettuja massoja, säteitä ja ilmanpaineita pinnalla, laske molemmille planeetoille niiden kaasukehien massa (i) kilogrammoissa ja (ii) suhteellisenä osuutena planeetan massasta.
 - b) Maan merien keskimääräinen syvyys on noin 4 kilometriä ja ne kattavat noin 70% Maan pinta-alasta. Meriveden tiheys on noin 1025 kg m^{-3} . Laske Maan merien massa (i) kilogrammoissa ja (ii) suhteellisenä osuutena Maan massasta.
 - c) Oletetaan että Maan meret höyrystyisivät. Laske kaasukehän paine Maan pinnalla.
5. Maan sisäosista vapautuvan geotermisen lämpövuon tiheys $F_{\text{geo}} \simeq 0.09 \text{ W m}^{-2}$.
 - a) Ilman Auringon lämpövaikutusta Maan pinta kylmenisi ennen pitkää lämpötilaan T_{geo} siten että se emittoisi täsmälleen F_{geo} mustan kappaleen säteilynä. Laske T_{geo} .
 - b) Päästäkseen eroon Auringon säteilystä absorboimastaan lämmöstä, Maa säteilee kuten musta kappale jonka lämpötila $T_{\text{eq}} \simeq 255 \text{ K}$. Vertaa geotermistä vuontiheyttä tehoon jolla jokainen Maan pinnan neliömetri säteilee.
 - c) Miljardeja vuosia sitten geotermisen vuontiheys on saattanut olla kertaluokkaa suurempi kuin nykyään. Arvioi kuinka paljon lämpimämpi Maan pinnan on täytynyt olla päästäkseen eroon tästä ylimääräisestä lämmöstä.
6. Uraanin isotoopin ^{238}U hajotessa lyijyn isotoopiksi ^{206}Pb vapautuu $51.7 \text{ MeV} = 8.28 \times 10^{-12} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}$ energiaa ydintä kohti. ^{238}U :n puoliintumisaika $\tau_0 \simeq 4.6 \times 10^9$ vuotta.
 - a) Yhden ^{238}U -atomin massa on noin 238 kertainen suhteessa vetyatomiin, jonka massa $m_H \simeq 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$. Laske kokonaisenergia joka vapautuu kun 1 kilogramma ^{238}U :ta hajoaa kokonaan ^{206}Pb :ksi.
 - b) Oletetaan että sinulla on 1 kilogramma puhdasta uraani 238:aa ajanhetkellä t_0 . Johda kaava sille kuinka monta ^{238}U -ydintä on jäljellä hetkellä t .

- c) Käyttäen hyväksi b)-kohdan tulosta, laske teho joka vapautuu kun 1 kilogramma puhdasta uraani ^{238}U :ta hajoaa.
- d) Oletetaan että Maan geoterminen lämpö on peräisin ainoastaan uraanin hajoamisesta. Kuinka paljon uraania tarvitaan jotta se selittää nykyisen lämpövuon tiheyden F_{geo} ?