

S-92.3113 Avaruuslaitetekniikka Tentti 21.12.2006

Tentissä vastataan kotitehtävistä syksyllä 2006 saatujen hyvitysten perusteella 3-5 tehtävään.

Jos kokeilet vastaamista useampiin tehtäviin, kuin kotitehtävistä saatujen hyvitysten perusteella on välttämätöntä, merkitse vastauspaperiisi huolellisesti, mitkä tehtävät haluat arvosteltavan.

Joitakin vakioita ja kaavoja (Huom! Kaikkia et välttämättä tenttitehtävissä tarvitse).

Maan säde, $R_E = 6371$ km	Maan gravitaatioparametri, $\mu_E = 3.986 \times 10^{14} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$
Geostationäärisen radan korkeus, 35786 km	Maan gravitaation kiihtyvyyys, $g_0 = 9.81 \text{ m/s}^2$
Auringon säteilyintensiteetti maan etäisyydellä, $J_s = 1371 \text{ Wm}^{-2}$	Bolzmannin vakio, $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$
Stefan-Boltzmannin vakio, $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$	Maan keskimääräinen albedo, $a_E = 0.34$

satelliitin kiertoaika: $\tau = 2\pi \sqrt{\frac{a^3}{\mu}}$; Vis-viva integraali: $\frac{1}{2}V^2 - \frac{\mu}{r} = -\frac{\mu}{2a}$,

rakettiyhtälö: $\Delta v = V_e^* \ln\left(\frac{m_0}{m_b}\right)$, $V_e^* = I_{sp} g_0$,

Homgeenisen pallon hitausmomentti: $I_{sphere} = m \frac{2R^2}{5}$

Stefan-Boltzmannin laki: $J = \varepsilon \sigma T^4$

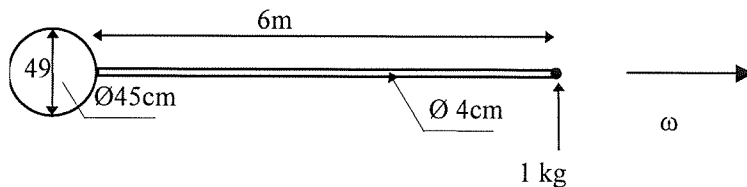
a = rataellipsin isoakseli, V = satelliitin nopeus, r = satelliitin etäisyys

m_0 = raketin alkumassa, m_b = raketin loppumassa (after burn-out)

I_{sp} = spesifinen impulssi, R = säde,

ε = materiaalin emissiivisyys, T = lämpötila

1. Vastaa kahteen seuraavista kysymyksistä.
 - a) Pohdi mitä etua saavutetaan, kun raketti kuljetetaan lentokoneella korkeammalle ennen laukaisua? Miksi ratkaisu on parempi kuin ylimääräinen rakettivaihe?
 - b) Avaruuslennoille vahingollinen säteily ja sen esiintyminen erilaisilla kiertoradoilla.
2. Selitä lyhyesti:
 - a) radan inkliinaatio (*inclination*)
 - b) Käyttääkö aurinkopurje (*solar sail*) aurinkotuulta voimanlähteenä?
 - c) Kun ympyräradalla oleva satelliitti menettää energiaa ilmakehän kitkaa vastaan mitä tapahtuu? Pieneneekö nopeus, pysyykö nopeus samana vai kiihtyykö nopeus? Miksi?
 - d) Nutaationvaimennin (*Nutation damper*).
 - e) Millä ehdolla pyörivän satelliitin (*spin stabilised*) pyörimisakseli on stabiili?
3. Satelliitti pudotetaan 300 km korkeudella maan pinnasta ympyräradalle avaruussukulan kyydistä. Ympyräradan inkliinaatio on 0° . Satelliitti on tarkoitettu siirtämään geostationääriselle radalle. Laske ratasiirtoihin tarvittavat nopeudenmuutokset. Satelliitissa on moottori, joka toimii hydratsiinilla ja nestemäisellä hapella ja tuottaa spesifisen impulssin 313s tasaisella polttoaineen kulutuksella. Laske ratamuutoksiin tarvittava polttoaineen massa, kun satelliitin massa on 500 kg.
4. Oheisen kuvan mukaisen satelliitin runko on homogeeninen pallo, jonka massa on 49 kg ja halkaisija 45 cm. Puomi on massaton ja 6 m pitkä (pallon pinnasta punnuksen pintaan) ja 4 cm leveä. Voit olettaa 1 kg:n punnuksen pistemassaksi. Sen hitausmomentit ovat symmetria akseli: $I_s = I_z \approx 1 \text{ kgm}^2$, poikittaisakselit: $I_x = I_y \approx 39 \text{ kgm}^2$



- a) Satelliitti laitetaan pyörimään symmetria-akselin ympäri 10RPM pyörimisnopeudella. Mikä on kulmaliikemäärä ja liike-energia
- b) Ajan kuluessa energiaa kuluu sisäisiin häviöihin, koska esim. puomi joustaa. Miten pyörimisliike muuttuu ja mikä on lopputilanteen kulmanopeus, kulmaliikemäärä ja liike-energia?
- c) Puomi on lyhennettävissä pienellä moottorilla, joka kelaa puomia rungon sisään. Lopputilanteessa puomi lyhennetään 6 metristä niin että puomi kelataan kokonaan rungon sisään ja punnus asettuu pallon keskelle. Miten pyörimisliike muuttuu, mikä on kulmanopeus, kulmaliikemäärä ja liike-energia?
5. Sylinterin muotoisen satelliitin mitat ovat: halkaisija $D = 1 \text{ m}$, pituus $L=2 \text{ m}$. Satelliitti pöyrii L -pituusakselin ympäri siten, että pyörimisakseli on kohtisuoraan auringonsäteitä vastaan. Satelliitti kiertää auringoa maan etäisyydellä, mutta niin kaukana maasta, ettei maan vaikutusta tarvitse ottaa huomioon. Satelliitin elektroniikka tuottaa lämpötehoa 50 W. Satelliitin sylinteripinta on maalattu valkoiseksi ($\alpha=0.19$, $\varepsilon=0.88$) ja päädyt mustaksi ($\alpha=0.97$, $\varepsilon=0.91$). Mikä on satelliitin tasapainolämpötila, kun satelliitti oletetaan täysin isotermiseksi? Mikä on lampotila jos satelliitti on kokonaan musta?