

ZAKLJUČNA NALOGA 2017/18

- Poročilo mora biti narejeno v LaTeXu in naj bo kompletan izdelek: bralcu mora biti razvidno, kaj ste počeli, čemu, zakaj in kako ste to počeli, kakšne parametre ste uporabili, kaj ste dobili in kako to interpretirate, kje so problemi, kaj je zanimivo ...
- Ocenjuje se celostno: vsebina (obravnavna nalog, rešitve), fizikalni pregled in jasnost analize, primernost predstavitve, oblika, urejenost ...
- Orodja so poljubna.

Naloga: (balistični) povratek v ozračje

Kritični in zelo zahteven del vesoljskega poleta je kontrolirani balistični povratek iz orbite v Zemljino ozračje, pri katerem se plovilo upočasnjuje le zaradi zračnega upora. S tem se močno segreje (predvsem zaradi stiskanja zraka pred njim). Zato je ključno, pod kolikšnim kotom glede na gladino ozračja plovilo vstopi vanj. Koridor uspešne vrnitve je lahko zelo ozek, tudi le nekaj stopinj. Pri prestrmem (npr. pravokotnem) vpadu plovilo zaradi prevelike moči zaviranja zgori (nekontroliran vpad meteorja) ali zaradi prevelikega pospeška razpade, pri preveč poševnem pa ne doseže gostih plasti ozračja in zaradi premajhne izgube energije ostane v (eliptični) orbiti. Ponovni povratek je težko kontrolirati in obstaja velika verjetnost, da bo prestrm.

Raziščite dogajanje pri vstopu iz orbite z visoko energijo v ozračje. (Kapsule Apollovih lunarnih misij so v ozračje vstopale s skoraj 40 000 km/h,

<http://www.aerospacweb.org/question/spacecraft/q0218.shtml>.)

Računati začnite na višini 100 km, kjer naj se začne ozračje, za katerega nato predpostavite izotermni model. Na plovilo poleg gravitacijske sile deluje sila zračnega upora, katere velikost $F_u = k\rho v^2$ naj bo sorazmerna z gostoto zraka ρ in kvadratom hitrosti plovila v . Koeficient k/m (m je masa plovila) naj bo kar konstanten, izberite tolikšnega, da bodo rezultati smiselni in zanimivi, in ga fiksirajte. Gibanje zaključite, ko se plovilo upočasni do zmerne podzvočne hitrosti nekaj sto km/h (ki ni več problematična, saj takrat lahko odpremo padalo). Omejite se na ravninsko gibanje.

1. Preglejte trajektorije plovila v odvisnosti od začetne hitrosti in vstopnega kota na robu ozračja. Spremljajte i) moč zaviranja $P = F_u v$, ki je merilo za temperaturo plovila, in ii) velikost pospeška plovila a , ki kaže mehanske obremenitve. Pospešek je pri poleh s posadko omejen na $a < 10g$. Posebej nas zanimajo trajektorije s čim manjšima maksimalnima P in a .
2. Opazujte, kako se vstopni koridor oži z večanjem vstopne hitrosti. Kriterija za dovoljeno širino intervala vstopnega kota naj bosta poljubno, a primerno izbrana maksimalna moč zaviranja in maksimalni pospešek.
3. Oglejte si tudi trajektorije s preveč poševnim vstopom, pri katerih pride do ponovnega povratka.
4. Raziščite še vpliv dinamičnega vzgona $F_v = \alpha F_u$, ki ga do sedaj nismo upoštevali. Vzgon in upor sta pravokotna in naj bosta v izbranem konstantnem razmerju α . Če sledimo gornji povezavi, majhen vzgon pomeni $\alpha < 1$, medtem ko smo pri $\alpha = 4$ že v režimu jadranja. Kako vzgon vpliva na širino vstopnega koridorja?