

**Derde inleveropgave Mechanica 2022 (NS106B)**

Deadline 16 november 2020, 13:15

- 1) Geef op het inleverwerk duidelijk al jullie namen aan. Je levert één uitwerking in als werkgroep.
- 2) Lever in via de assignment op blackboard
- 3) Schrijf duidelijk en leesbaar, zonder gekrabbel (of gebruik LaTeX) Onleesbaar handschrift kan niet nagekeken worden. Structureer je antwoorden goed en leg je redenering goed uit.
- 4) De werkgroep krijgt één cijfer, zorg dus dat iedereen het met het ingeleverde werk eens is.

## 1 Een reis van Mars

In de laatste twee filmpjes hebben we gezien hoe een veréenvoudigde reis naar Mars er uit zou zien, aangenomen dat de reis begint op de evenaar van de aarde. In feite kunnen we een aantal van de stappen samenvoegen:

1. Breng de raket in een circulaire baan om de aarde
2. Laat de raket ontsnappen aan de aarde, zodat deze in een baan rond de zon komt. Zorg dat dit een Hohmann baan naar de baan van Mars is.
3. Laat de raket invangen door Mars
4. Laat de raket landen op Mars

In de filmpjes hebben we als voorbeeld de eerste stap gedaan. In het werkcollege hebben jullie ook de Hohmann baan bestudeerd. Jullie gaan nu iedere  $\Delta v$  uitrekenen die nodig is in het bovenstaande reisplan.

- a) Maak een schets van de hele reis zoals die boven wordt beschreven. Dit hoeft (/kan) natuurlijk niet op schaal.
- b) Welke  $\Delta v$ 's zijn nodig om de raket van de evenaar in een circulaire baan om de aarde te krijgen 500 km boven het aardoppervlak? Hint: dit hebben we in het filmpje gedaan.
- c) Welke  $\Delta v$  is nodig om de raket te laten ontsnappen aan de aarde en daarbij een snelheid  $v_\infty$  t.o.v. de aarde over te houden?

Als de raket aan de aarde is ontsnapt, zit hij nog wel in een baan om de zon. Eigenlijk voelt de raket natuurlijk altijd de zwaartekracht van alle objecten en in het bijzonder die van de aarde en de zon. In de praktijk doen we alsof er een straal is waarbinnen de raket alleen de aarde voelt en waarbuiten de raket alleen de zon voelt. We noemen dit de invloedsfeer. We noemen dit de "patched conic approximation" (geplakte kegelsnede benadering).

- d) Hoe groot moeten we deze  $v_\infty$  kiezen, zodat de raket in een Hohmann baan naar de baan van Mars terecht komt? Hint: hiervoor moet je natuurlijk eerst de baansnelheden in die Hohmann baan uitrekenen (lijkt erg op de werkcollege opgave). Hint 2: vergeet niet rekening te houden met het feit dat  $v_\infty$  de snelheid is t.o.v. de aarde en dat de aarde natuurlijk ook een baansnelheid om te zon heeft.

Aangenomen dat we op het juist moment aan onze reis zijn begonnen, zal de raket de baan van Mars raken op het moment dat Mars daar ook is. We kunnen de raket dus laten invangen. Als we niks doen, zal de raket in een hyperbolische baan om Mars terecht komen. Neem aan dat de  $r_0$  van deze baan 500 km boven het oppervlak van Mars ligt.

- e) Welke snelheid zal de raket hebben t.o.v. Mars bij aankomst bij Mars?
- f) Welke  $\Delta v$  moet de raket krijgen om in een circulaire baan met  $r_0 = 500$  km terecht te komen? Op welke moment moet deze  $\Delta v$  worden gegeven?
- g) Welke  $\Delta v$ 's zijn nodig om de raket heelhuids op de evenaar van Mars te laten landen. Je mag aannemen dat de raket al in een baan boven de evenaar zat.

In het bovenstaande voorbeeld hebben we een aantal dingen veréenvoudigd. We hebben er bijvoorbeeld geen rekening mee gehouden dat de rotatie-as van de aarde niet loodrecht staat op het baanvlak. Dat betekent dat de circulaire baan uit b) niet in het juist vlak ligt om in de Hohmann baan naar Mars te komen. In de praktijk moet het baanvlak dus worden aangepast, waar ook weer een  $\Delta v$  voor nodig is. Daarnaast is de "patched conic approximation", zoals de naam al zegt, een benadering. In de praktijk moet de baan voor de fout in deze benadering worden gecompenseerd. En zo zijn er nog veel meer complicaties die ervoor zorgen dat raketwetenschap wel wat ingewikkelder is dan we hier aannemen.