

In 2016 werd de satelliet OSIRIS-REx gelanceerd. Deze satelliet moest een bezoek brengen aan planetoïde Bennu om bodemonsters op te halen voor onderzoek. Een planetoïde is een klein hemellichaam dat net als een planeet in een baan rond de zon beweegt.

Met behulp van observaties en metingen vanaf aarde hebben onderzoekers de massa van Bennu bepaald op $7,329 \cdot 10^{10}$ kg.

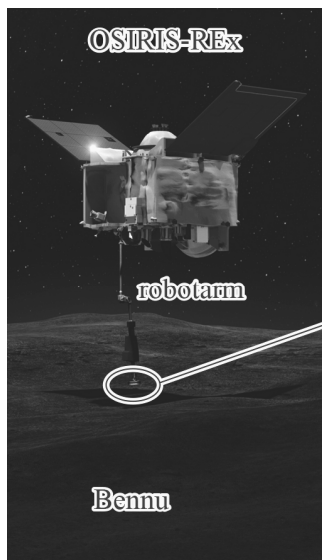
In 2020 arriveerde OSIRIS-REx bij Bennu. Om veilig te kunnen landen moest de valversnelling op Bennu bekend zijn. De onderzoekers hebben daarom een model van Bennu gemaakt. Bennu werd gemodelleerd als een bol met een straal van $2,45 \cdot 10^2$ m.

Volgens dit model is de gravitatieversnelling op Bennu $1,2 \cdot 10^{-5}$ keer zo klein als de valversnelling op aarde.

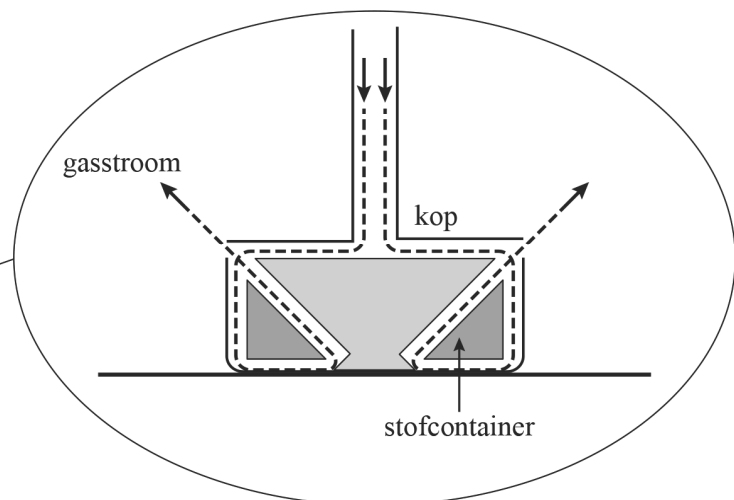
3p 20 Toon dit met een berekening aan.

De valversnelling bleek te klein voor een echte landing. Daarom werd een andere methode gekozen: OSIRIS-REx maakte alleen met een robotarm contact met Bennu. Zie figuur 1. Tijdens het contact werd gas door de kop van de robotarm geperst. Dit gas liet stof van het oppervlak opwaaien. Dit stof werd verzameld in stofcontainers. Het gas perste zich ten slotte via openingen in de kop naar buiten. Zie schematisch in figuur 2.

figuur 1



figuur 2



Het gas zorgde voor twee even grote krachten F aan de linker- en rechterkant van de kop. De verticale componenten van beide krachten zorgden ervoor dat de kop tegen het oppervlak van Bennu aangedrukt werd.

Op de uitwerkbijlage is een vergroting van een deel van figuur 2 afgebeeld. Hierin is de richting van de kracht F ($F = 3,3 \cdot 10^{-1} \text{ N}$) aan de rechterkant weergegeven.

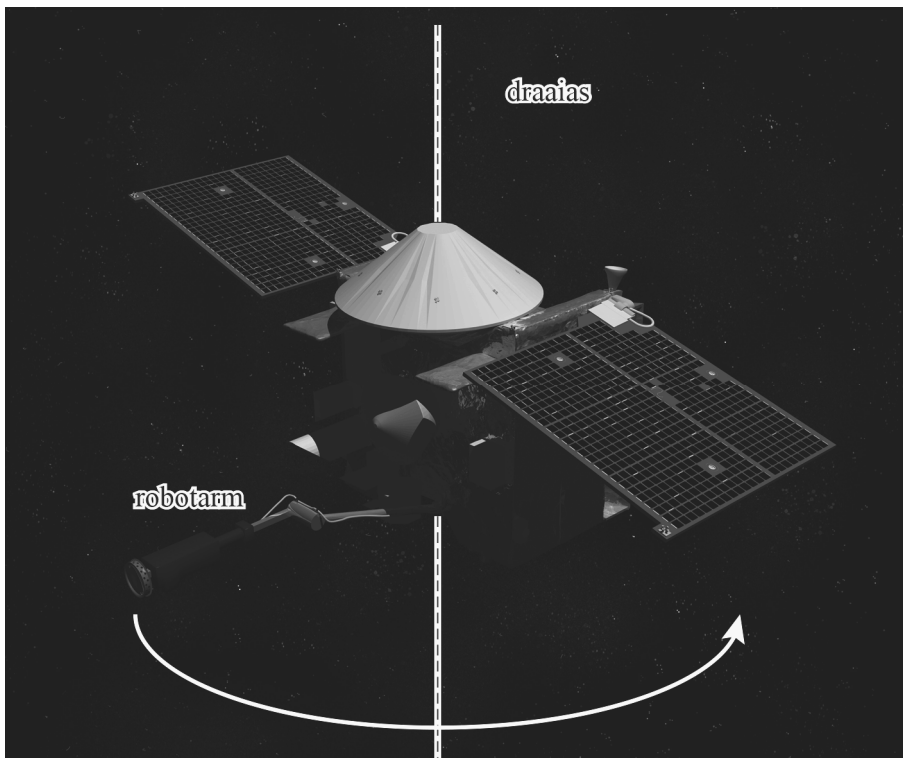
4p 21 Voer de volgende opdrachten uit:

- Bepaal met een constructie de grootte van de verticale component F_v van deze kracht F .
- Leg met behulp van figuur 2 uit dat de kop in horizontale richting geen versnelling ondervond.

Door de kleine valversnelling was het moeilijk om nauwkeurig de massa te bepalen van het verzamelde materiaal. Om deze massa toch te kunnen bepalen, was een zogenaamde spin-manoeuvre bedacht.

Tijdens deze manoeuvre werd de robotarm met het verzamelde materiaal volledig uitgestrekt. Vervolgens werd OSIRIS-REx met behulp van een stuwraket rondgedraaid. Zie figuur 3.

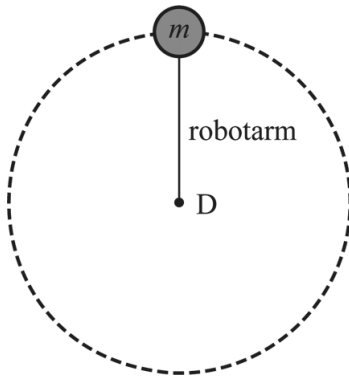
figuur 3



Let op: de laatste opdrachten van dit examen staan op de volgende pagina.

Van het ronddraaien van het materiaal kan een eenvoudig model worden gemaakt. In dit model draait het materiaal met onbekende massa m aan een massaloze arm met een bekende lengte rond een draaipunt D. Omdat de massa van OSIRIS-REx veel groter is dan de massa van het materiaal is D tevens het zwaartepunt van OSIRIS-REx. Zie het bovenaanzicht in figuur 4.

figuur 4



De kracht van de robotarm op het materiaal werd gemeten.

- 2p 22 Leg uit met behulp van een formule uit het informatieboek welke andere grootheid ook gemeten moest worden om de massa te kunnen bepalen.

OSIRIS-REx moet het materiaal uiteindelijk afleveren op aarde. Om het verzamelde materiaal ongeschonden door de dampkring heen te krijgen, is het opgeslagen in een capsule met een hitteschild. De capsule is zo ontworpen dat de warmtestroom door het hitteschild zo klein mogelijk is, om de temperatuur in de capsule zo laag mogelijk te houden. Op de uitwerkbijlage staat een tabel met verschillende eigenschappen van het hitteschild waarvoor een ontwerpkeuze is gemaakt.

- 2p 23 Geef op de uitwerkbijlage met een kruisje per eigenschap aan of die eigenschap zo groot mogelijk of zo klein mogelijk moet zijn.

Bronvermelding

Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift.