

Ruimtelift?

5 maximumscore 4

uitkomst: $h = 3,6 \cdot 10^7 \text{ m} = 36 \cdot 10^3 \text{ km}$

voorbeeld van een berekening:

Op de geostationaire hoogte geldt: $F_{\text{mpz}} = F_{\text{g}}$.

Invullen levert: $m \frac{v^2}{r} = G \frac{mM}{r^2}$. Met $v = \frac{2\pi r}{T}$ geeft dit: $r^3 = \frac{GMT^2}{4\pi^2}$.

Invullen levert: $r^3 = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,972 \cdot 10^{24} \cdot (24 \cdot 3600)^2}{4\pi^2} = 7,532 \cdot 10^{22} \text{ (m}^3\text{)}$.

Dit geeft: $r = 4,223 \cdot 10^7 \text{ m}$. Omdat geldt: $r = R_{\text{A}} + h$, levert dit:

$h = 3,58 \cdot 10^7 \text{ m} = 36 \cdot 10^3 \text{ km}$.

- inzicht dat $m \frac{v^2}{r} = G \frac{mM}{r^2}$ 1
- inzicht dat $v = \frac{2\pi r}{T}$ met $T = 24$ uur 1
- inzicht dat $r = R_{\text{A}} + h$ 1
- completeren van de berekening 1

Opmerkingen

- Als de kandidaat gebruik maakt van de wet van Kepler: goed rekenen.
- In het antwoord een significantie-fout niet aanrekenen.
- Als de kandidaat voor T de waarde gebruikt van 365 dag of 365,25 dag, dit niet aanrekenen.

6 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Uit figuur 1 volgt dat de benodigde middelpuntzoekende kracht op grotere hoogte dan de geostationaire hoogte groter is dan de gravitatiekracht. Dus moet de kabel een kracht op massa B uitoefenen (gelijk aan het verschil van die twee). Massa B oefent een (even grote en tegengestelde) kracht op de kabel uit en deze zorgt voor een strakke kabel.

- inzicht dat op grotere hoogte de benodigde middelpuntzoekende kracht groter is dan de gravitatiekracht 1
- inzicht dat de kabel een kracht levert op de massa 1
- inzicht dat de massa een kracht uitoefent op de kabel die de kabel strak spant / inzicht in de derde wet van Newton 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

7 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

- In die regel wordt de (deel)arbeid berekend om een stukje (dx) omhoog te gaan.

- $dm_{\text{brandstof}} = \frac{dW}{\text{verbrandingswarmte}}$.

- In de modelregels staat geen enkele regel, waarbij de snelheid v verandert.

- inzicht dat in die regel de (deel)arbeid berekend wordt om een stukje (dx) omhoog te gaan 1
- inzicht dat $dm_{\text{brandstof}} = \frac{dW}{\text{verbrandingswarmte}}$ 1
- inzicht dat in geen enkele modelregel de snelheid v verandert 1

8 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Uit de modelregels over F_g , F_{mpz} en F_{motor} blijkt dat de te leveren kracht evenredig is met de totale massa. Dus is de arbeid die verricht moet worden evenredig met de totale massa. Bij minder brandstof aan boord hoeft er minder arbeid geleverd te worden.

- inzicht dat de motorkracht afneemt als de totale massa afneemt 1
- inzicht dat de arbeid afneemt als de motorkracht afneemt 1
- aangeven van minstens twee modelregels of formules 1

9 maximumscore 4

uitkomst: $F_{\text{res}} = 0,44 \text{ N}$ (met een marge van 0,05 N)

voorbeeld van een bepaling:

De versnelling op $t = 1,0$ dag is gelijk aan de helling van de raaklijn aan het (v, t) -diagram op dat punt. (Tekenen van de raaklijn levert een snelheidstoename van 12 ms^{-1} in 1,9 dag.)

Dit levert: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{12}{1,9 \cdot 24 \cdot 3600} = 7,3 \cdot 10^{-5} \text{ ms}^{-2}$.

Dus geldt: $F_{\text{res}} = ma = 6,0 \cdot 10^3 \cdot 7,31 \cdot 10^{-5} = 0,44 \text{ N}$.

- inzicht dat de versnelling overeenkomt met de helling van de raaklijn 1
- gebruik van $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ voor de raaklijn met Δt in seconde 1
- gebruik van $F_{\text{res}} = ma$ 1
- completeren van de bepaling 1

Opmerking

Als de kandidaat een massa van $1,0 \cdot 10^3 \text{ kg}$ gebruikt, dit niet aanrekenen.

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

10 maximumscore 3

uitkomst: $h = 6,9 \cdot 10^5$ m (met een marge van $0,5 \cdot 10^5$ m)

voorbeelden van een bepaling:

methode 1

De hoogte is gelijk aan de oppervlakte onder de grafiek.

(We benaderen de oppervlakte met een driehoek.)

Dit levert voor de hoogte: $h = \frac{1}{2} \cdot 16 \cdot 1,0 \cdot 24 \cdot 3600 = 6,9 \cdot 10^5$ m.

- inzicht dat de hoogte gelijk is aan de oppervlakte onder de grafiek 1
- bepalen van de oppervlakte met t in seconde 1
- completeren van de bepaling 1

methode 2

Voor de hoogte geldt: $h = v_{\text{gem}} t$.

De gemiddelde snelheid tot 1,0 dag is te schatten op $8,0 \text{ ms}^{-1}$.

Dit levert voor de hoogte $h = 8,0 \cdot 1,0 \cdot 24 \cdot 3600 = 6,9 \cdot 10^5$ m.

- inzicht dat $h = v_{\text{gem}} t$ 1
- bepalen van de gemiddelde snelheid in ms^{-1} 1
- completeren van de bepaling 1

Opmerking

Als de kandidaat in deze vraag dezelfde fout maakt in het omrekenen van de tijd als in de vorige vraag: niet aanrekenen.