

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

Jupiter 'fly-by'

12 maximumscore 1

voorbeelden van een antwoord:

- Christy heeft ongelijk omdat er vanwege de wet van behoud van energie geen kinetische energie gewonnen kan worden zonder extra energie van buitenaf.
- Christy heeft ongelijk, want de verkenner krijgt weliswaar richting de planeet extra snelheid, maar zal deze extra snelheid na de passage weer verliezen.

13 maximumscore 3

voorbeelden van een berekening:

methode 1

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\pi \cdot 0,7883 \cdot 10^{12}}{11,86 \cdot 3,16 \cdot 10^7} = 1,32 \cdot 10^4 \text{ ms}^{-1}$$

- gebruik van $v = \frac{2\pi r}{T}$ 1
- opzoeken van r en T 1
- completeren van de berekening 1

methode 2

Er geldt:

$$F_g = F_{\text{mpz}} \rightarrow G \frac{mM}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \rightarrow$$

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}} = \sqrt{\frac{6,674 \cdot 10^{-11} \cdot 1,988 \cdot 10^{30}}{0,7883 \cdot 10^{12}}} = 1,30 \cdot 10^4 \text{ ms}^{-1}.$$

- inzicht dat $F_g = F_{\text{mpz}}$ 1
- gebruik van $F_g = G \frac{mM}{r^2}$ en $F_{\text{mpz}} = \frac{mv^2}{r}$ 1
- completeren van de berekening 1

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

14 maximumscore 1

voorbeeld van een antwoord

Als de (absolute) waarde van $2v_j - v_x$ zo groot mogelijk moet zijn, betekent dit dat v_x en v_j tegengesteld gericht zijn.

15 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De energiewinst van de verkenner: $\Delta E_k = \frac{1}{2}m(v_{na,x}^2 - v_{voor,x}^2)$ is gelijk aan

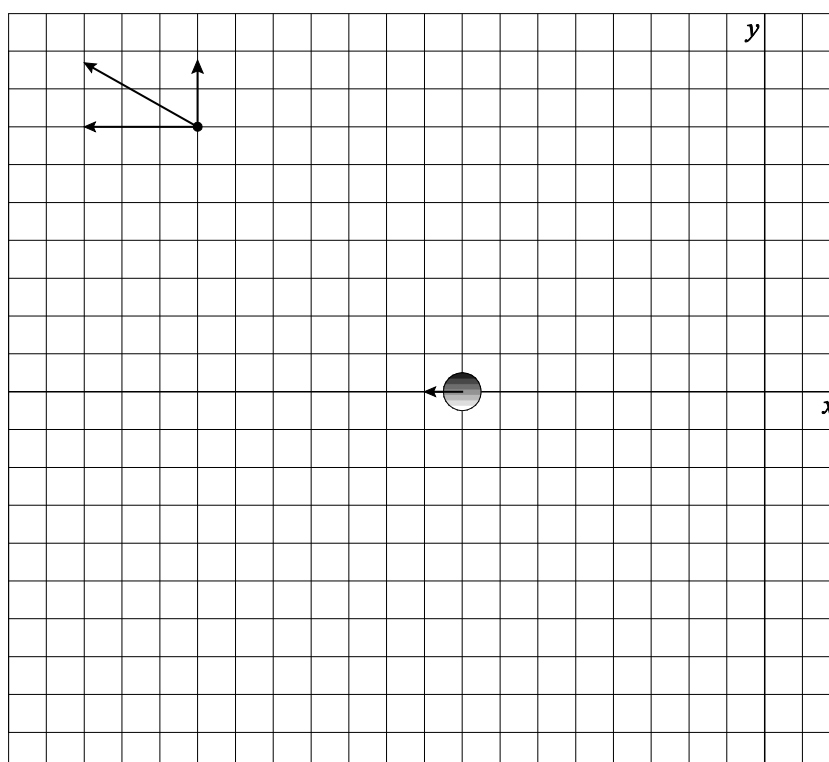
het energieverlies van Jupiter: $\Delta E_k = \frac{1}{2}M(v_{j,na}^2 - v_{j,voor}^2)$.

Omdat $M \gg m$, is er geen merkbaar verschil tussen $v_{j,na}$ en $v_{j,voor}$.

- inzicht dat de (kinetische) energie behouden is 1
- inzicht dat $M(\text{Jupiter}) \gg m(\text{verkenner})$ 1

16 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:



- inzicht dat \vec{v}_y , met als aangrijpingspunt de verkenner in figuur 3c, identiek is aan de overeenkomstige vector in figuur 3a 1
- gebruik van $v_{na,x} = 2v_j - v_{voor,x}$ 1
- completeren van de constructie 1

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

17 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

- $M = 1,9 \cdot 10^{27}$
- $x_j = x_j + v_j \cdot dt$
- Op elk tijdstip is $(x-x_j)$ de horizontale afstand tussen Jupiter en de verkenner.

- inzicht dat M de massa van Jupiter is en opzoeken 1
- aanvullen van de modelregel voor x_j met gebruik van v_j 1
- inzicht dat $(x-x_j)$ de horizontale afstand tussen Jupiter en de verkenner is 1

18 maximumscore 3

voorbeeld van antwoord:

Vóór de passage: $t = 0$: $v_x = 1,44 \cdot 10^4 \text{ ms}^{-1}$ en $v_y = 2,49 \cdot 10^4 \text{ ms}^{-1}$.

Na de passage: $t = 1,2 \cdot 10^4 \text{ s}$: $v_{na,x} = -4,0 \cdot 10^4 \text{ ms}^{-1}$ en $v_{na,y} = 2,49 \cdot 10^4 \text{ ms}^{-1}$.

Formule 1: $v_{na,x} = 2v_j - v_x = 2 \cdot -1,3 \cdot 10^4 - 1,44 \cdot 10^3 = -4,0 \cdot 10^4 \text{ ms}^{-1}$. Klopt!

Formule 2: $v_{na,y} = v_{voor,y} = 2,49 \cdot 10^4 \text{ ms}^{-1}$. Klopt!

- aflezen van snelheden in figuur 5 1
- gebruik van $v_{na,x} = 2v_j - v_{voor,x}$ met de waarde van v_j 1
- consequente conclusies met betrekking tot formules 1 en 2 1

19 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

De minimale waarde v_{min} is de snelheid waarbij (de afname van) de kinetische energie waarmee het ontsnappen begint gelijk is aan de (toename van de) gravitatie-energie tijdens het ontsnappen.

Dus geldt: $E_k = E_g$ ofwel: $\frac{1}{2}mv_{min}^2 = G \frac{mM}{r}$.

Dit levert: $\frac{1}{2}v_{min}^2 = 2G \frac{M}{r}$. Met $M = M_{zon}$ wordt dit: $v_{min} = \sqrt{\frac{2GM_{zon}}{r}}$.

- inzicht dat (de afname van) de kinetische energie waarmee het ontsnappen begint minstens gelijk moet zijn aan de (toename van de) gravitatie-energie 1
- gebruik van $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ en van $E_g = -G \frac{mM}{r}$ 1
- completeren van het antwoord 1

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

20 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

- Uit de grafiek van figuur 5 blijkt dat voor de eindsnelheid van de verkener na afloop van de passage geldt:

$$v_{\text{na}} = \sqrt{v_{\text{na},x}^2 + v_{\text{na},y}^2} = \sqrt{(4,0 \cdot 10^4)^2 + (2,49 \cdot 10^4)^2} = 4,7 \cdot 10^4 \text{ ms}^{-1}.$$

- Voor de minimale snelheid geldt:

$$v_{\text{min}} = \sqrt{\frac{2GM_{\text{zon}}}{r}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 1,989 \cdot 10^{30}}{0,7883 \cdot 10^{12}}} = 1,83 \cdot 10^4 \text{ ms}^{-1}.$$

De verkener kan nu inderdaad uit het zonnestelsel ontsnappen.

- inzicht dat in figuur 5: $v_{\text{na}} = \sqrt{v_{\text{na},x}^2 + v_{\text{na},y}^2}$ 1
- completeren van de bepaling van v_{na} 1
- opzoeken van $r_{\text{zon-Jupiter}}$ 1
- completeren van de berekening van v_{min} en consequente conclusie 1

Opmerkingen

- *Als de kandidaat concludeert dat de minimale snelheid kleiner is dan de eindsnelheid in de x-richting: goed rekenen.*
- *Bij dit antwoord een significantiefout niet aanrekenen.*