

Sporen op Phobos

6 maximumscore 4

voorbeelden van een antwoord:

methode 1

Ten gevolge van de schuifwrijvingskracht neemt de kinetische energie van het rotsblok af. Er geldt $\Delta E_k = \sum W$ met $\Delta E_k = (-)\frac{1}{2}mv_{\text{begin}}^2$ en

$\sum W = W_w = (-)F_w s$. De schuifwrijvingskracht F_w is gelijk aan $0,25 \cdot F_N = 0,25 \cdot F_z = 0,25 \cdot mg$.

$$\text{Hieruit volgt } s = \frac{\Delta E_k}{F_w} = \frac{\frac{1}{2}mv_{\text{begin}}^2}{0,25 \cdot mg} = \frac{2v_{\text{begin}}^2}{g} = \frac{2 \cdot 14^2}{5,7 \cdot 10^{-3}} = 6,9 \cdot 10^4 \text{ m}.$$

- gebruik van $\Delta E_k = \sum W$ 1
- gebruik van $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ en $W = Fs$ 1
- inzicht dat $F_w = 0,25 \cdot mg$ met $g = 5,7 \cdot 10^{-3} \text{ ms}^{-2}$ 1
- completeren van de berekening 1

methode 2

Omdat de schuifwrijvingskracht constant is, is de beweging eenparig

vertraagd. Uit $F_{\text{res}} = ma$ en $F_w = 0,25 \cdot mg$ volgt $a = 0,25g$. Met $a_{\text{gem}} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

$$\text{volgt hieruit voor de remtijd: } \Delta t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{14}{0,25 \cdot 5,7 \cdot 10^{-3}} = 9,82 \cdot 10^3 \text{ s}.$$

$$\text{De gemiddelde snelheid is } v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{begin}} + v_{\text{eind}}}{2} = \frac{14 + 0}{2} = 7,0 \text{ ms}^{-1}, \text{ dus de}$$

$$\text{remafstand is } \Delta x = v_{\text{gem}} \cdot \Delta t = 7,0 \cdot 9,82 \cdot 10^3 = 6,9 \cdot 10^4 \text{ m}.$$

- gebruik van $F_{\text{res}} = ma$ en $a_{\text{gem}} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ 1
- inzicht dat $F_w = 0,25 \cdot mg$ met $g = 5,7 \cdot 10^{-3} \text{ ms}^{-2}$ 1
- gebruik van $v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ en inzicht dat $v_{\text{gem}} = \frac{1}{2}v_{\text{begin}}$ 1
- completeren van de berekening 1

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

7 maximumscore 3

uitkomst: $v_o = 11,3 \text{ ms}^{-1}$

voorbeeld van een antwoord:

(Bij de ontsnappingssnelheid geldt: $E_g + E_k = -G \frac{mM}{R} + \frac{1}{2}mv_o^2 = 0$.)

Uit $\frac{1}{2}mv_o^2 = G \frac{mM}{R}$ volgt

$$v_o = \sqrt{\frac{2GM}{R}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 1,07 \cdot 10^{16}}{1,11 \cdot 10^4}} = 11,3 \text{ ms}^{-1}.$$

- inzicht dat $\frac{1}{2}mv_o^2 = G \frac{mM}{R}$ 1
- opzoeken van G en gebruik van R en M van Phobos 1
- completeren van de berekening 1

Opmerking

Bij een berekening waarin niet consequent is omgegaan met de mintekens mag het derde scorepunt niet worden toegekend.

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

8 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Naarmate het rotsblok dichterbij het eind van het spoor komt, wordt zijn snelheid kleiner, waardoor ook de benodigde middelpuntzoekende kracht kleiner wordt. De wrijvingskracht in model 2 benadert dan steeds meer die in model 1 (waardoor de afname van de kinetische energie per afgelegde meter aan het einde van het spoor gelijk is aan die in model 1).

- inzicht dat de snelheid en benodigde F_{mpz} aan het eind van het spoor klein zijn 1
- inzicht dat daardoor F_{w} aan het eind van het spoor in beide modellen vrijwel even groot is 1

9 maximumscore 1

uitkomst: $v_b = 7,78 \text{ ms}^{-1}$

Opmerking

$v_b = 7,77 \text{ ms}^{-1}$ ook goedrekenen.

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

10 maximumscore 4

uitkomst: $v_{\text{grens}} = 8,0 \text{ m s}^{-1}$

voorbeelden van een antwoord:

methode 1

- Het rotsblok kan oneindig lang door bewegen als er geen wrijvingskracht is. Dit betekent dat de normaalkracht nul is. Aan het oppervlak van Phobos geldt dan (volgens modelregel 3) dat $0 = F_z - F_{\text{mpz}}$. Hieruit volgt $F_z = F_{\text{mpz}}$ dus

$$mg = \frac{mv_{\text{grens}}^2}{R} \rightarrow v_{\text{grens}} = \sqrt{gR} = \sqrt{5,7 \cdot 10^{-3} \cdot 1,11 \cdot 10^4} = 8,0 \text{ m s}^{-1}.$$

- Het rotsblok beweegt voor $v_{\text{grens}} < v < v_o$ in een baan boven het oppervlak van Phobos.

- inzicht dat $F_N = 0$ / inzicht dat $F_z = F_{\text{mpz}}$ 1
- gebruik van $F_z = mg$ en $F_{\text{mpz}} = \frac{mv^2}{r}$ met $r = R_{\text{Phobos}}$ 1
- completeren van de berekening 1
- inzicht dat het rotsblok voor $v_{\text{grens}} < v < v_o$ in een baan boven het oppervlak van Phobos beweegt 1

methode 2

- In een cirkelbaan geldt $F_{\text{mpz}} = F_g$ dus $\frac{mv^2}{r} = G \frac{mM}{r^2}$, waarbij de kleinst mogelijke baanstraal gelijk is aan de straal R van Phobos. Hieruit volgt $\frac{v_{\text{grens}}^2}{R} = G \frac{M}{R^2}$ en $v_{\text{grens}} = \sqrt{G \frac{M}{R}} = \sqrt{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{1,07 \cdot 10^{16}}{1,11 \cdot 10^4}} = 8,02 \text{ m s}^{-1}$.
- Het rotsblok beweegt voor $v_{\text{grens}} < v < v_o$ in een baan boven het oppervlak van Phobos.

- inzicht dat $F_{\text{mpz}} = F_g$ 1
- gebruik van $F_{\text{mpz}} = \frac{mv^2}{r}$ en $F_g = G \frac{mM}{r^2}$ met $r = R_{\text{Phobos}}$ 1
- completeren van de berekening 1
- inzicht dat het rotsblok voor $v_{\text{grens}} < v < v_o$ in een baan boven het oppervlak van Phobos beweegt 1