

Looping

1 maximumscore 3

uitkomst: $h = 39,4$ m

voorbeeld van een berekening:

methode 1

Voor het berekenen van de minimale hoogte geldt dat de wrijvingskracht te verwaarlozen is. Voor de wet van behoud van energie geldt dan:

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 \Leftrightarrow h = \frac{v^2}{2g} = \frac{27,8^2}{2 \cdot 9,81} = 39,4 \text{ m.}$$

- inzicht in de wet van behoud van energie bij de minimale hoogte 1
- gebruik van $E_z = mgh$ en $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 1
- completeren van de berekening 1

of

methode 2

De eindsnelheid van het treintje is gelijk aan de snelheid die een voorwerp krijgt dat van dezelfde hoogte valt.

Dat voorwerp wordt versneld met $9,81 \text{ m s}^{-2}$ tot een snelheid van $27,8 \text{ m s}^{-1}$.

Er geldt:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}. \text{ Dit geeft } \Delta t = 2,834 \text{ s.}$$

Met een gemiddelde snelheid van $\frac{27,8}{2} = 13,9 \text{ m s}^{-1}$ geldt voor de hoogte:

$$h = 13,9 \cdot 2,834 = 39,4 \text{ m.}$$

- inzicht $v_{\text{eind}} = gt$ 1
- inzicht dat $h = v_{\text{gem}}t$ met $v_{\text{gem}} = \frac{1}{2}v_{\text{eind}}$ 1
- completeren van de berekening 1

2 maximumscore 3

uitkomst: $v = 7,35 \text{ m s}^{-1}$

voorbeeld van een berekening:

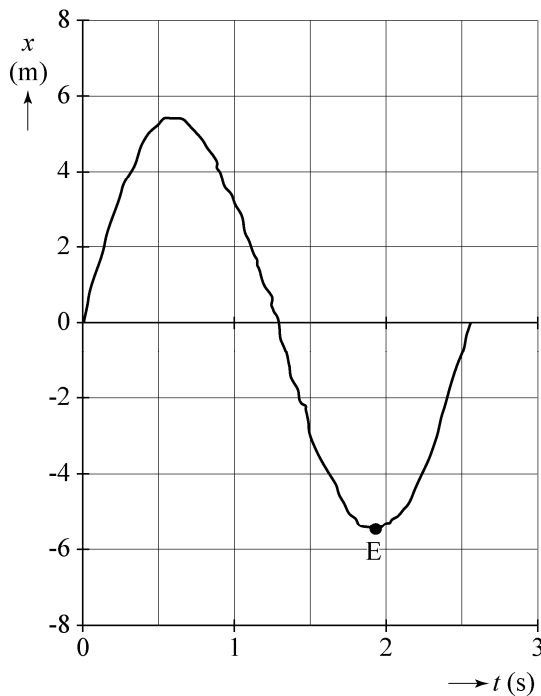
Bij de minimale snelheid geldt in het hoogste punt van de looping dat de middelpuntzoekende kracht gelijk is aan de zwaartekracht.

Er geldt dus: $\frac{mv^2}{r} = mg \Leftrightarrow v = \sqrt{gr} = \sqrt{9,81 \cdot 5,50} = 7,35 \text{ m s}^{-1}$.

- inzicht dat in het hoogste punt F_{mpz} geleverd wordt door F_z 1
- gebruik van $F_z = mg$ en $F_{\text{mpz}} = \frac{mv^2}{r}$ 1
- completeren van de berekening 1

3 maximumscore 1

voorbeeld van een antwoord:



- aangeven punt E op (het tijdstip horend bij) het laagste punt in het (x,t) -diagram 1

Opmerking

Als de kandidaat het tijdstip horend bij het laagste punt in het (x,t) -diagram noteert in plaats van dit in de figuur aan te geven, dit niet aanrekenen.

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

4 maximumscore 5

uitkomst: $v = 30 \text{ m s}^{-1}$

voorbeeld van een bepaling:

De snelheid op het moment dat het treintje in punt B de looping ingaat, heeft een component in de x -richting en een component in de y -richting. De snelheid in de x -richting is gelijk aan de steilheid van de raaklijn aan het (x, t) -diagram op tijdstip $t = 0 \text{ s}$. Dus geldt:

$$v_x = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{8,0}{0,4} = 20 \text{ m s}^{-1}.$$

De snelheid in de y -richting is gelijk aan de steilheid van de raaklijn aan het (y, t) -diagram op tijdstip $t = 0 \text{ s}$. Dus geldt:

$$v_y = \frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{16}{0,7} = 23 \text{ m s}^{-1}.$$

De snelheid in punt B is te berekenen met:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{20^2 + 23^2} = 30 \text{ m s}^{-1}.$$

- tekenen van een raaklijn in één of beide grafieken 1
- inzicht dat in beide grafieken de snelheid op $t = 0 \text{ s}$ bepaald moet worden 1
- bepalen van $v_x = \left(\frac{\Delta x}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$ tussen 13 m s^{-1} en 29 m s^{-1}
- en bepalen van $v_y = \left(\frac{\Delta y}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$ tussen 18 m s^{-1} en 32 m s^{-1} 1
- inzicht dat $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$ 1
- completeren van de bepaling 1

Opmerking

De vierde en vijfde deelscore kunnen alleen worden behaald, als de kandidaat v_x en v_y op hetzelfde tijdstip heeft bepaald.

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

5 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

In de situatie van figuur 1 is de zwaarte-energie van het treintje het grootst en de kinetische energie van het treintje dus het kleinst. In de andere situaties is de zwaarte-energie van het gehele treintje kleiner en de kinetische energie en de snelheid dus groter. Omdat alle wagons van het treintje op een bepaald moment met dezelfde snelheid bewegen, hebben Ineke en Rob allebei gelijk.

- inzicht dat in de situatie van figuur 1 de zwaarte-energie van het gehele treintje het grootst is / de kinetische energie van het gehele treintje het kleinst is 1
- inzicht dat alle wagons van het treintje op een bepaald moment met dezelfde snelheid bewegen 1
- consequente conclusies aangaande de beweringen van Ineke en van Rob 1

6 maximumscore 4

uitkomst: $F_w = 6,8 \cdot 10^3 \text{ N}$ ($6,5 \cdot 10^3 \text{ N} \leq F_w \leq 7,1 \cdot 10^3 \text{ N}$)

voorbeeld van een bepaling:

Het bovenste deel van de looping heeft een lengte van

$$\frac{1}{2} \pi d = \frac{1}{2} \pi \cdot 11,0 = 17,3 \text{ m.}$$

Uit een schaalbepaling volgt voor de stukken BC en EB een lengte van ongeveer 12 m. De totale lengte van de looping kan daarmee bepaald worden op 41 m.

Als het treintje de looping verlaat, is de kinetische energie kleiner dan wanneer het treintje de looping in beweegt. Uit dit energieverlies volgt de gemiddelde wrijvingskracht:

$$W_w = E_{k,\text{in}} - E_{k,\text{uit}} = 0,88 \cdot 10^6 - 0,60 \cdot 10^6 = 0,28 \cdot 10^6 \text{ J;}$$

$$W_w = F_w s \rightarrow 0,28 \cdot 10^6 = F_w \cdot 41 \rightarrow F_w = 6,8 \cdot 10^3 \text{ N.}$$

- inzicht dat de totale lengte van de looping bepaald kan worden uitgaande van de gegeven diameter 1
- inzicht dat W_w gelijk is aan ΔE_k over het hele traject 1
- gebruik van $W = Fs$ 1
- completeren van de bepaling 1