

26 Vanaf het dak van een 35 m hoge toren wordt een kogeltje recht omhoog geschoten. De beginsnelheid van het kogeltje bedraagt 22 m s^{-1} . Het startpunt noem je A. Bij de vragen a en b wordt de luchtweerstand verwaarloosd.

- a Bereken met behulp van de wet van behoud van energie de maximale hoogte die het kogeltje bereikt ten opzichte van de grond.
Bij de val naar beneden passeert het kogeltje punt A. Hedwig weet zeker, zonder te rekenen, dat de snelheid van het kogeltje op dat moment 22 m s^{-1} is.
- b Leg zonder berekening uit waarom de snelheid bij A weer 22 m s^{-1} is.
Nu verwaarloos je niet de invloed van de luchtweerstand op de beweging van het kogeltje. De maximale hoogte die het kogeltje dan bereikt, is kleiner.
- c Leg dit uit met behulp van de wet van behoud van energie.
- d Is de snelheid waarmee het kogeltje punt A passeert nu ook kleiner dan 22 m s^{-1} ?
Licht je antwoord toe.

Opgave 26

- a De maximale hoogte van het kogeltje ten opzichte van de grond bereken je met de formule voor de zwaarte-energie.
De zwaarte-energie bereken je met de wet van behoud van energie.

$$\sum E_{in,A} = \sum E_{ut,B}$$

- A Het kogeltje bevindt zich op het dak van de toren.
Er is een hoogte van 35 m. Dus is er zwaarte-energie (ten opzichte van de grond).
Het kogeltje heeft een snelheid. Dus is er kinetische energie.
- B Het kogeltje bevindt zich in het hoogste punt van de beweging.
Er is een bepaalde hoogte. Dus is er zwaarte-energie.
Bij de maximale hoogte is de snelheid 0 m s^{-1} . Er is geen kinetische energie.

$$\begin{aligned} E_{k,A} + E_{zw,A} &= E_{zw,B} \\ \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_A^2 + m \cdot g \cdot h_A &= m \cdot g \cdot h_B \\ \frac{1}{2} \cdot v_A^2 + g \cdot h_A &= g \cdot h_B \quad (\text{na wegstellen } m) \\ v_A &= 22 \text{ m s}^{-1} \\ h_A &= 35 \text{ m} \\ g &= 9,81 \text{ ms}^{-2} \\ \frac{1}{2} \times (22)^2 + 9,81 \times 35 &= 9,81 \cdot h_B \\ h_B &= 59,6 \text{ m} \\ \text{Afgelond: } h_B &= 60 \text{ m.} \end{aligned}$$

- b De luchtweerstand wordt verwaarloosd. Tijdens de beweging is er geen warmteontwikkeling.
Bij de verplaatsing van de kogel van 35 naar 60 m hoogte wordt de kinetische energie omgezet in een toename van de zwaarte-energie.
Bij de verplaatsing van 60 naar 35 m hoogte gebeurt het omgekeerde.
De snelheid is dus weer 22 m s^{-1} .

$$\sum E_{in,A} = \sum E_{ut,B}$$

- A Het kogeltje bevindt zich op het dak van de toren.
Er is een hoogte van 35 m. Dus is er zwaarte-energie (ten opzichte van de grond).
Het kogeltje heeft een snelheid. Dus is er kinetische energie.
- B Het kogeltje bevindt zich in het hoogste punt van de beweging.
Er is een bepaalde hoogte. Dus is er zwaarte-energie.
Bij de maximale hoogte is de snelheid 0 m s^{-1} . Er is geen kinetische energie.
Er is luchtweerstand. Dus ontstaat er warmte.

$$\begin{aligned} E_{k,A} + E_{zw,A} &= E_{zw,B} + Q \\ \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_A^2 + m \cdot g \cdot h_A &= m \cdot g \cdot h_B + Q \\ \text{Een deel van de kinetische energie wordt nu omgezet in warmte. De toename van de zwaarte-energie is dus kleiner. De hoogte die het kogeltje bereikt, is dan kleiner.} \\ d \quad \text{Om te bepalen de snelheid bij punt A kleiner dan } 22 \text{ m s}^{-1} \text{ gebruik je de wet van behoud van energie.} \end{aligned}$$

$$\sum E_{in,A} = \sum E_{ut,B}$$

- A Het kogeltje bevindt zich op het dak van de toren.
Er is een hoogte van 35 m. Dus is er zwaarte-energie (ten opzichte van de grond).
Het kogeltje heeft een snelheid. Dus is er kinetische energie.
- B Het kogeltje bevindt zich weer op het dak van de toren.
Er is een bepaalde hoogte. Dus is er zwaarte-energie.
Het kogeltje passeert deze hoogte en heeft dus een snelheid.
Er is luchtweerstand. Dus ontstaat er warmte.

$$\begin{aligned} E_{k,A} &= E_{k,B} + Q \\ \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_A^2 &= \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_B^2 + Q \\ \text{Omdat } Q \text{ altijd een positieve waarde heeft, volgt uit deze vergelijking } v_B &< v_A. \\ \text{Dus is de snelheid in punt A bij terugkomst kleiner dan } 22 \text{ m s}^{-1}. \end{aligned}$$