

## Speerwerpen

---

Een bekend onderdeel van de atletiek is het speerwerpen.

De baan van een speer is een deel van een parabool. In deze opgave verwaarlozen we de luchtweerstand, de lengte van de speer en de hoogte waarop de speer wordt losgelaten.

De baan van de speer kan worden beschreven met de volgende formules:

$$h = 0,707 \cdot b \cdot t - 4,91 \cdot t^2 \quad (1)$$

$$d = 0,707 \cdot b \cdot t \quad (2)$$

Hierbij is:

- $t$  de tijd die de speer in de lucht is in seconden;
- $b$  de beginsnelheid waarmee de speer geworpen wordt in m/s;
- $h$  de hoogte van de speer in m op tijdstip  $t$ ;
- $d$  de horizontaal afgelegde afstand van de speer in m op tijdstip  $t$ .

Door in formule (1)  $h$  gelijk te stellen aan 0, is uit te rekenen na hoeveel seconden de speer op de grond komt. Hiermee is vervolgens met behulp van formule (2) de totaal horizontaal afgelegde afstand van de speer uit te rekenen.

- 4p 7 Een speerwerper gooit een speer met een beginsnelheid van 25 m/s. Bereken hoe ver de speer volgens de formules gegooid wordt. Geef je antwoord in hele meters nauwkeurig.

Uit formule (2) volgt:

$$t = \frac{d}{0,707 \cdot b} \quad (3)$$

Door formule (3) te substitueren in formule (1) kan worden aangetoond dat (bij benadering) geldt:

$$h = d - \frac{9,8}{b^2} \cdot d^2 \quad (4)$$

- 4p 8 Toon dit laatste op algebraïsche wijze aan.

- Volgens de formules werd de speer bij het vestigen van het wereldrecord voor mannen in 1996 met een snelheid van 31,1 m/s geworpen.
- 4p 9 Bereken algebraïsch de maximale hoogte die de speer volgens de formules bereikt zou hebben tijdens dit wereldrecord. Geef je antwoord in hele meters nauwkeurig.

Een atleet gooit de speer vanaf de **afwerpboog**. Dit is een deel van de cirkel met het zogeheten 8m-punt als middelpunt en een straal van 8 meter. De speer moet landen in het gebied binnen twee lijnen die een hoek van  $28,65^\circ$  met elkaar maken. Deze twee lijnen snijden elkaar in het 8m-punt.

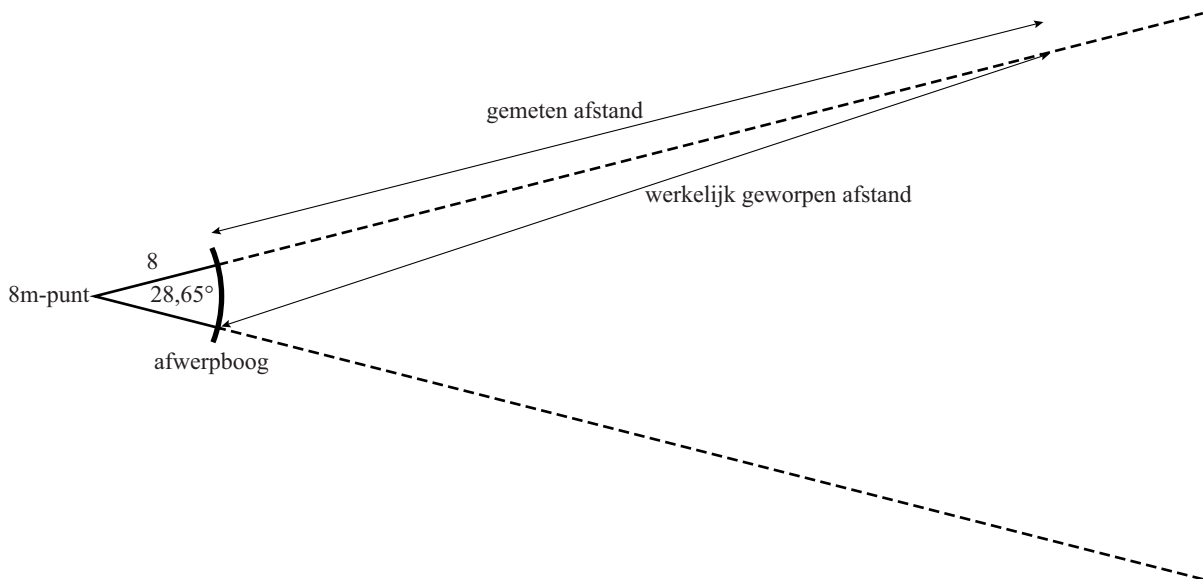
De **gemeten afstand** wordt als volgt gemeten:

- trek een rechte lijn vanaf de plek waar de speer landt tot het 8m-punt;
- de lengte van het deel van deze lijn van de plek waar de speer landt tot de afwerpboog, is de gemeten afstand.

Door deze manier van meten kan het voorkomen dat er een verschil is tussen de werkelijk geworpen afstand en de gemeten afstand.

In de figuur staat hiervan een bovenaanzicht.

**figuur**



De winnaar van het speerwerpen bij de mannen op de Olympische Spelen van 2012 won met een gemeten afstand van 84,58 meter. Als hij zou hebben geworpen volgens de situatie in de figuur, dan zou zijn werkelijk geworpen afstand groter zijn geweest.

- 4p 10 Bereken in hele centimeters nauwkeurig het verschil tussen de gemeten afstand en de werkelijk geworpen afstand in deze situatie.