

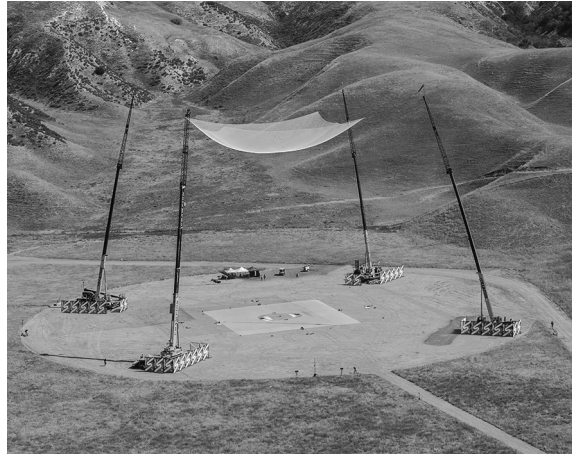
## Sprong van Luke Aikins

In 2016 sprong skydiver Luke Aikins zonder parachute vanaf een hoogte van bijna 8 km recht naar beneden. Boven de grond was een groot net opgespannen om hem veilig op te vangen. Zie figuur 1 en 2.

figuur 1



figuur 2



Aikins ondervond een luchtweerstandskracht. Hiervoor geldt:

$$F_w = kAv^2$$

Hierin is:

- $k$  een constante;
- $A$  de frontale oppervlakte van Aikins;
- $v$  de snelheid ten opzichte van de lucht.

- 2p **19** Leid de eenheid van  $k$  af in (grond)eenheden van het SI zoals vermeld in Binas-tabel 3a of Sciencedata-tabel 1.3a.

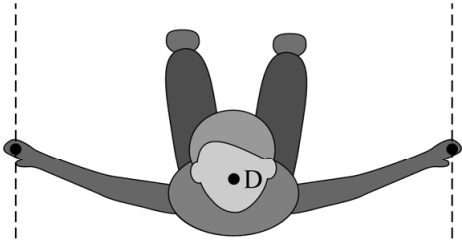
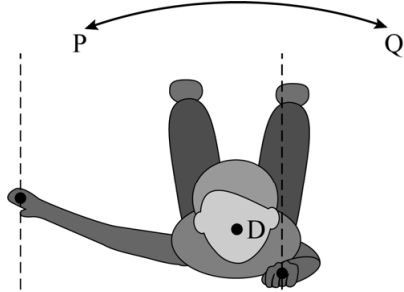
Dankzij de luchtweerstandskracht bereikte hij na verloop van tijd een constante snelheid van  $54 \text{ m s}^{-1}$ . Zijn massa is  $75 \text{ kg}$  en zijn frontale oppervlakte is  $0,80 \text{ m}^2$ .

- 2p **20** Bereken de waarde van  $k$ .

Tijdens de laatste 1,0 kilometer op weg naar het net was Aikins' valsnelheid  $54 \text{ m s}^{-1}$ . Ook was er zijwind die hem een constante horizontale snelheid zou geven van  $4,9 \text{ km h}^{-1}$ . Aikins moest tijdens zijn val daarom bijsturen op weg naar het net.

- 4p 21 Voer de volgende opdrachten uit:
- Bereken de valtijd waarin Aikins de 1,0 kilometer naar het net aflegde.
  - Bereken hoe ver Aikins zou afwijken van de koers als hij niet zou bijsturen.

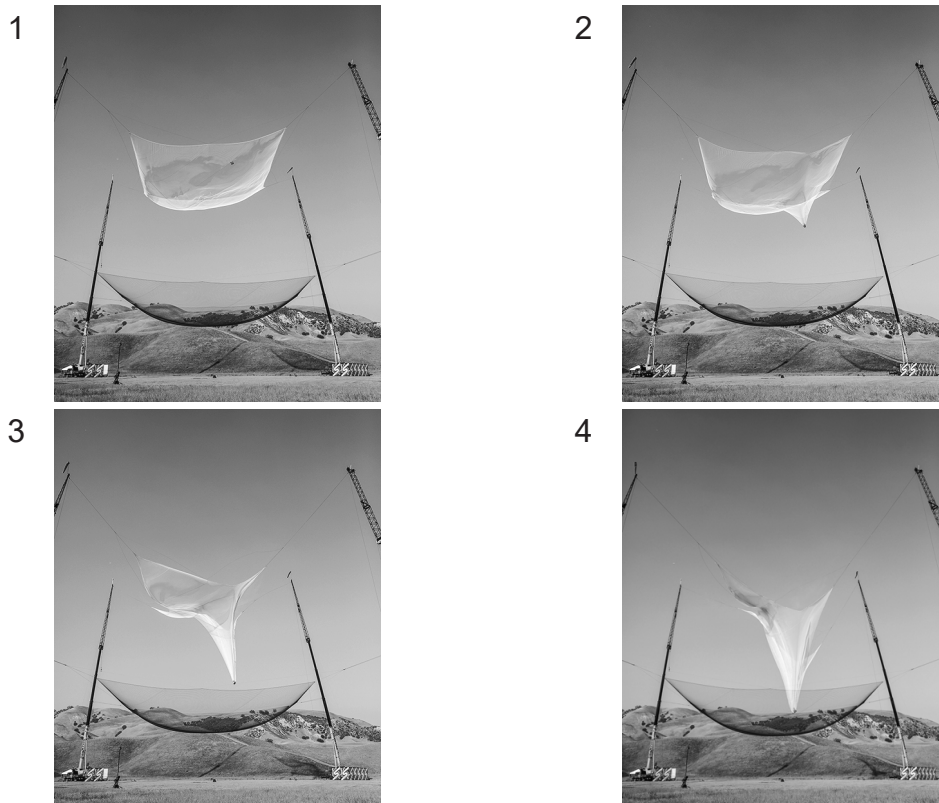
Een landing op de buik is gevaarlijk. Aikins moest daarom vlak voor de landing draaien. Dat deed hij door een van zijn handen dicht bij zijn lichaam te houden. In figuren 3 en 4 is dat weergegeven. Aikins wordt hierbij als stilstaand beschouwd, terwijl de bewegende lucht weerstandskracht op zijn beide handen uitoefent. Andere krachten worden niet meegenomen.

figuur 3	figuur 4
	
<p>Op beide handen werken even grote luchtweerstandskrachten. De werklijnen en aangrijpingspunten van deze krachten zijn weergegeven in de figuur. Aikins is hierbij in evenwicht.</p>	<p>Aikins buigt één hand dicht naar zich toe. De grootte van de luchtweerstandskrachten op zijn handen blijft constant. Hierdoor ontstaat een verschil in moment links en rechts. Als gevolg van het buigen begint Aikins te draaien rondom draaipunt D, in de richting van de kracht met het grootste moment.</p>

- Op de uitwerkbijlage staan figuren 3 en 4 en twee invulzinnen.
- 4p 22 Voer de volgende opdrachten uit:
- Teken op de uitwerkbijlage in beide figuren de luchtweerstandskrachten op de handen. Teken alle krachten in de juiste onderlinge verhouding.
  - Teken in beide figuren de armen die horen bij deze krachten.
  - Omcirkel in iedere zin het goede antwoord.

Van de landing in het net is een videometing gemaakt. Zie figuur 5.

**figuur 5**



Het net remde Aikins af van  $54 \text{ m s}^{-1}$  tot stilstand. Tijdens het afremmen legde Aikins nog 37 m naar beneden af. Verwaarloos de arbeid door de luchtwrijvingskracht tijdens het remmen.

4p **23** Bereken de energie die het net geabsorbeerd heeft.

Het net moest aan diverse eisen voldoen om Aikins veilig tot stilstand te brengen. Op de uitwerkbijlage staat een tabel met technische ontwerp oplossingen voor het net en natuurkundige concepten die daarbij een rol spelen.

2p **24** Omcirkel bij elke ontwerp oplossing het beste bijbehorende natuurkundige concept.

Op de uitwerkbijlage staat het  $(v, t)$ -diagram van het laatste deel van de stunt van Aikins: het afremmen in het net. Ook staat op de uitwerkbijlage een tweede diagram. In dit diagram is af te lezen gedurende hoeveel tijd een mens een bepaalde vertraging veilig kan ondergaan voordat deze vertraging schadelijk wordt.

4p **25** Voer de volgende opdrachten uit met behulp van de grafieken op de uitwerkbijlage:

- Bepaal de grootte en de tijdsduur van de maximale vertraging die Aikins onderging.
- Toon aan of deze maximale vertraging veilig was voor Aikins.