

Opgave 2 Nuna-4

De Nederlandse zonneauto Nuna-4 heeft de World Solar Challenge dwars door Australië gewonnen. Voor de vierde keer won een team van studenten van de TU Delft deze wedstrijd voor auto's op zonnecellen.

figuur 1



Voor de berekeningen in deze opgave gaan we er steeds van uit dat Nuna-4 op een vlakke weg rijdt.

Nuna-4 legde de afstand Darwin-Adelaide, 3021 km, af in 29 uur en 11 minuten.

3p **5** Bereken de gemiddelde snelheid van Nuna-4 in km h^{-1} .

Om zo snel mogelijk te kunnen rijden is een aantal kenmerken in het ontwerp van Nuna-4 belangrijk.

2p **6** Noem drie van deze kenmerken.

Tijdens de race reed Nuna-4 enige tijd met zijn topsnelheid van 140 km h^{-1} .

De rolwrijving op Nuna-4 is verwaarloosbaar klein.

2p **7** Leg uit dat bij het rijden op topsnelheid geldt dat de motorkracht gelijk is aan de luchtweerstandskracht.

Tijdens het rijden werkt op Nuna-4 de luchtweerstandskracht $F_{w,lucht}$.

Voor Nuna-4 geldt: $F_{w,lucht} = 0,058v^2$. Hierin is v de snelheid in ms^{-1} .

De studenten hebben Nuna-4 zo ontworpen dat hij bij felle zon met een constante snelheid van 100 km h^{-1} kan rijden, zonder een accu te gebruiken. Nuna-4 is aan de bovenkant bedekt met zonnecellen met een rendement van 26%. Als de zon fel schijnt, heeft het zonlicht per m^2 zonnecel een vermogen van $1,0 \text{ kW}$. We nemen aan dat het rendement van de elektromotor 100% bedraagt.

- 5p **8** Bereken de oppervlakte die de zonnecellen minimaal moeten hebben om aan de ontwerpeis van de studenten te voldoen.

In Nuna-4 zit een accu die bij de start $5,0 \text{ kWh}$ energie bevat. Tijdens de race kunnen de zonnecellen en de accu gelijktijdig gebruikt worden om de elektromotor aan te drijven.

Op de laatste dag heeft Nuna-4 nog 500 km te gaan.

De weersvoorspellingen zijn zodanig dat de zonnecellen voor die dag een vermogen van 490 W aan de motor zullen leveren. De studenten willen nagaan wat voor die dag de beste snelheid voor Nuna-4 is. Daarom gaan ze na hoe de benodigde elektrische energie voor de rit op de laatste dag afhangt van de snelheid. Ze vinden het onderstaande verband.

$$E_{\text{el}} = E_{\text{accu}} + E_{\text{zonnecellen}} = 1,8 \cdot 10^7 + \frac{2,45 \cdot 10^8}{v}$$

Hierin is:

- E de energie in J ;
- v de snelheid in ms^{-1} .

- 3p **9** Toon aan dat dit het juiste verband is.

Het team wil Nuna-4 op de laatste dag met een zodanige constante snelheid v laten rijden, dat de accu bij de finish net leeg is. De studenten berekenen dat de snelheid v dan gelijk moet zijn aan $108 \text{ km h}^{-1} (= 30 \text{ ms}^{-1})$.

- 4p **10** Laat met een berekening zien dat die snelheid klopt.
Hint: Bereken daartoe eerst de arbeid die de motor bij deze snelheid verricht.