

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.

- 3p 5 Nuna-4 legde de afstand Darwin-Adelaide, 3021 km, af in 29 uur en 11 minuten. Bereken de gemiddelde snelheid van Nuna-4 in kmh^{-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 kmh^{-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 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 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.

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

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 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.