

Opgave 2 Racen op zonne-energie

Een Nederlandse auto, de Nuna, won vorig jaar in Australië een race voor zonnewagens. De wagens lopen op zonne-energie en zijn speciaal voor deze race ontworpen. Zie onderstaande foto.

foto



Het oppervlak van de Nuna is bedekt met $8,4 \text{ m}^2$ zonnecellen. Deze zijn afkomstig van de Hubble-telescoop en hebben een hoog rendement, namelijk 25%. Bij volle zonschijn leveren ze in totaal een elektrisch vermogen van $1,5 \cdot 10^3 \text{ W}$.

- 3p **4** Bereken het stralingsvermogen dat per m^2 zonnecel wordt opgenomen.

Met de energie die de zonnecellen leveren, worden elektromotoren aangedreven. Deze hebben een rendement van vrijwel 100%. Op de website van het Nuna-team stond een tabel die het verband geeft tussen het vermogen dat de motor levert en de snelheid van de Nuna. Zie de tabel hiernaast. Behalve over zonnecellen beschikt de auto ook over een accu. Deze kan worden ingeschakeld voor de aandrijving.

tabel

vermogen dat de motor levert (kW)	snelheid (km/h)
1,0	80
1,7	100
2,8	120

- 2p **5** Leg uit dat bij een snelheid van 100 km/h naast de zonnecellen gebruik gemaakt moet worden van de accu.
- 3p **6** Bereken de wrijvingskracht op de Nuna bij een snelheid van 100 km/h.

Eindexamen natuurkunde 1-2 havo 2003-II

havovwo.nl

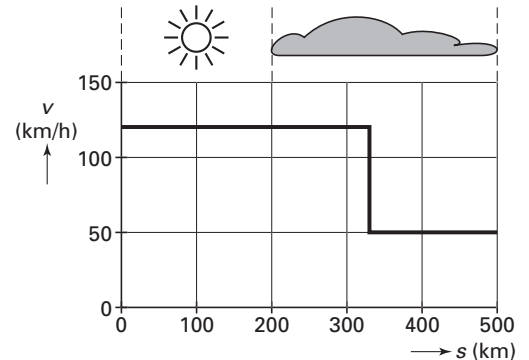
Het vermogen dat de zonnecellen leveren, hangt af van het weer.
Het Nuna-team moet daarom voortdurend nadenken over de te volgen strategie.
Op de laatste dag is de Nuna nog 500 km van de finish verwijderd.
De eerste 200 km is de hemel onbewolkt, de daarop volgende 300 km is het bewolkt.

Het team overweegt twee strategieën.
Strategie 1

Met een hoge snelheid rijden tot de accu leeg is; de rest afleggen met de snelheid die nog mogelijk is met het vermogen dat de zonnecellen leveren in het bewolkte gebied.

- 4p 7 Bepaal met behulp van figuur 4 hoe lang de Nuna er dan over doet om de finish te bereiken.

figuur 4



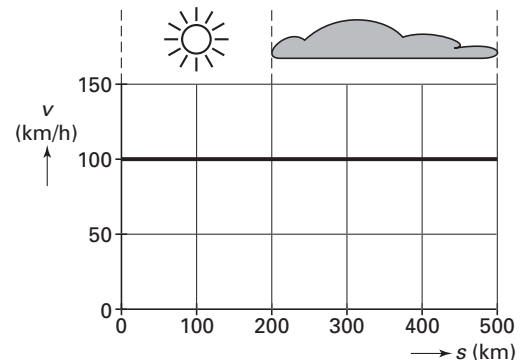
Strategie 2

De hele afstand afleggen met een zodanige constante snelheid dat aan de finish de accu bijna leeg is.

Dit blijkt de winnende strategie te zijn.
De kunst is om vooraf te berekenen hoe groot die snelheid dan moet zijn.
Aan het begin van de laatste dag bevat de accu 5,0 kWh energie.
In het bewolkte gebied leveren de zonnecellen een vermogen van 0,24 kW.
Het team besluit de Nuna te laten rijden met een snelheid van 100 km/h.
Zie figuur 5.

- 4p 8 Laat met een berekening zien dat bij deze snelheid de accu inderdaad bijna leeg is bij de finish.

figuur 5



De Nuna is zo ontworpen dat hij zo weinig mogelijk luchtweerstand ondervindt. Zie de foto aan het begin van de opgave.

Voor de luchtweeringskracht F_w geldt de volgende formule:

$$F_w = \frac{1}{2} c_w \rho A v^2$$

waarin

- c_w = de luchtweeringscoëfficiënt
- ρ = de dichtheid van de lucht
- A = de frontale oppervlakte van de auto
- v = de snelheid van de auto

- 3p 9 Welke van deze vier grootheden zijn bij het ontwerp zo klein mogelijk gehouden? Licht dat toe aan de hand van de foto van de Nuna.