

deze wedstrijd voor auto's op zonnecellen.

Voor de berekeningen in deze opgave ga je er steeds van uit dat Nuna4 op een vlakke weg rijdt. Nuna4 legde de afstand Darwin-Adelaide, 3021 km, af in 29 uur en 11 minuten.

a Bereken de gemiddelde snelheid van Nuna4 in km h^{-1} .



Figuur 8.43

In figuur 8.43 zie je een foto van de zonneauto. Om zo snel mogelijk te kunnen rijden, is een aantal kenmerken in het ontwerp van Nuna4 belangrijk.

b Geef drie van deze kenmerken.

Tijdens de race reed Nuna4 enige tijd op zijn topsnelheid van 140 km h^{-1} .

c Leg uit dat bij het rijden op topsnelheid geldt dat de motorkracht gelijk is aan de luchtweerstandskracht.

Tijdens het rijden werkt op Nuna4 de luchtweerstandskracht $F_{\text{w,lucht}}$.

Voor Nuna4 geldt:

$$F_{\text{w,lucht}} = 0,058 \cdot v^2$$

- $F_{\text{w,lucht}}$ = de luchtweerstandskracht in N.
- v is de snelheid in m s^{-1} .

De studenten hebben Nuna4 zo ontworpen dat hij bij felle zon met een constante snelheid van 100 km h^{-1} kan rijden zonder een accu te gebruiken.

Nuna4 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.

Neem aan dat het rendement van de elektromotor 100% bedraagt.

d Bereken de minimale oppervlakte aan zonnecellen die nodig is om aan de ontwerp eis van de studenten te voldoen.

In Nuna4 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 Nuna4 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 Nuna4 is. Daarom gaan ze na hoe de benodigde elektrische energie E_{el} voor de rit op de laatste dag afhangt van de snelheid.

Ze vinden het volgende verband:

8.6 Afsluiting

Opgave 38

a De gemiddelde snelheid bereken je met de formule voor de gemiddelde snelheid.

$$v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$\Delta x = 3021 \text{ km}$$

$$\Delta t = 29 \text{ uur en } 11 \text{ min} = 29 + \frac{11}{60} = 29,18 \text{ uur}$$

$$v_{\text{gem}} = \frac{3021}{29,18}$$

$$v_{\text{gem}} = 1,0351 \cdot 10^2 \text{ km h}^{-1}$$

$$\text{Afgerond: } v_{\text{gem}} = 1,035 \cdot 10^2 \text{ km h}^{-1}.$$

b Voorbeelden van goede antwoorden zijn:

De kleine massa van de wagen / kleine rolweerstandskracht op de wagen.

De kleine luchtweerstandskracht op de wagen / goede stroomlijn.

De zo groot mogelijke oppervlakte van de zonnepanelen.

Een hoog rendement van de zonnepanelen.

Een hoog rendement van de motor.

c Dat de motorkracht gelijk is aan de luchtweerstandskracht leg je uit met de eerste wet van Newton.

Als de snelheid constant is, dan volgt uit de eerste wet van Newton dat de resulterende krachten op de wagen 0 N zijn. Op de auto werken de luchtweerstandskracht en de motorkracht. Deze zijn even groot maar tegengesteld gericht. Je mag aannemen dat de rolweerstandskracht ten opzichte van de luchtweerstandskracht te verwaarlozen is.

d De oppervlakte van de zonnecellen bereken je met het benodigde vermogen en het geleverde vermogen per m^2 .

Het benodigde vermogen bereken je met de formule voor vermogen (bij constante snelheid).

De luchtweerstandskracht bereken je met de gegeven formule.

Het geleverde vermogen per m^2 bereken je met het vermogen per m^2 en het rendement van de zonnecellen.

$$\eta = \frac{P_{\text{Nuna per m}^2}}{P_{\text{zon per m}^2}} \cdot 100\% \quad (\text{Dit geldt voor } 1 \text{ m}^2 \text{ zonnepaneel.})$$

$$\eta = 26\%$$

$$P_{\text{zon per m}^2} = 1,0 \text{ kW}$$

$$P_{\text{Nuna per m}^2} = 0,26 \text{ kW}$$

$$F_{\text{w,lucht}} = 0,058 \cdot v^2$$

$$v = 100 \text{ km h}^{-1} = \frac{100}{3,6} = 27,77 \text{ m s}^{-1}$$

$$F = 0,058 \times 27,77^2 = 44,75 \text{ N}$$

$$P_{\text{Nuna, nodig}} = F_{\text{w,lucht}} \cdot v$$

$$\text{Invullen levert: } P_{\text{Nuna, nodig}} = 44,75 \times 27,77.$$

$$P_{\text{Nuna, nodig}} = 1,242 \cdot 10^3 \text{ W}$$

$$1 \text{ m}^2 \text{ zonnecel op de Nuna levert } 0,26 \text{ kW} = 0,26 \cdot 10^3 \text{ W.}$$

$$\text{De oppervlakte van de zonnecellen is gelijk aan } \frac{P_{\text{Nuna, nodig}}}{P_{\text{Nuna per m}^2}} = \frac{1,242 \cdot 10^3}{0,26 \cdot 10^3} = 4,779 \text{ m}^2.$$

Je hebt dus afgerond 4,8 m^2 aan zonnecellen nodig.

e De totale energie die de elektromotor krijgt, bereken je met de energie van de accu en de energie die de zonnecellen leveren.

De energie die de zonnecellen leveren, bereken je met de formule voor vermogen.

De tijd bereken je met de formule voor de verplaatsing bij eenparige beweging.

$$s = v \cdot t$$

$$s = v \cdot t$$

$$s = 500 \text{ km} = 500 \cdot 10^3 \text{ m}$$

$$\text{Invullen levert } 500 \cdot 10^3 = v \cdot t.$$

$$\text{Hieruit volgt: } t = \frac{500 \cdot 10^3}{v}.$$

$$E_{\text{zonnecellen}} = P_{\text{zonnecellen}} \cdot t$$

$$P_{\text{zonnecellen}} = 490 \text{ W}$$

$$\text{Invullen en combineren met de formule voor } t \text{ levert: } E_{\text{zonnecellen}} = 490 \times \frac{500 \cdot 10^3}{v}.$$

$$\text{Hieruit volgt: } E_{\text{zonnecellen}} = \frac{2,45 \cdot 10^8}{v}.$$

$$E_{\text{el}} = E_{\text{accu}} + E_{\text{zonnecellen}}$$

$$E_{\text{accu}} = 5,0 \text{ kWh} = 5,0 \times 3,6 \cdot 10^6 = 1,8 \cdot 10^7 \text{ J}$$

$$\text{Invullen levert: } E_{\text{el}} = 1,8 \cdot 10^7 + \frac{2,45 \cdot 10^8}{v}.$$

f Als de accu net leeg is, dan is de energie die de elektromotor omzet gelijk aan de arbeid die de motorkracht levert.

De energie die de elektromotor omzet, bereken je met de formule boven vraag e.

De arbeid die de motorkracht levert, bereken je met de formule voor arbeid.

De motorkracht bereken je met de eerste wet van Newton.