

## Elektrische scooter

Mees heeft een elektrische scooter aangeschaft om daarmee naar school te reizen. Zie figuur 1. In het accupakket van de scooter kan volgens de fabrikant een energie van 1,74 kWh opgeslagen worden.

Het opladen van de accu gebeurt met een oplader die via een elektriciteitskabel aangesloten wordt op de netspanning van 230 V. De oplader zet de netspanning om naar de laadspanning. Mees plaatst een stroommeter tussen het stopcontact en de oplader en meet de stroomsterkte tijdens het opladen.

figuur 1

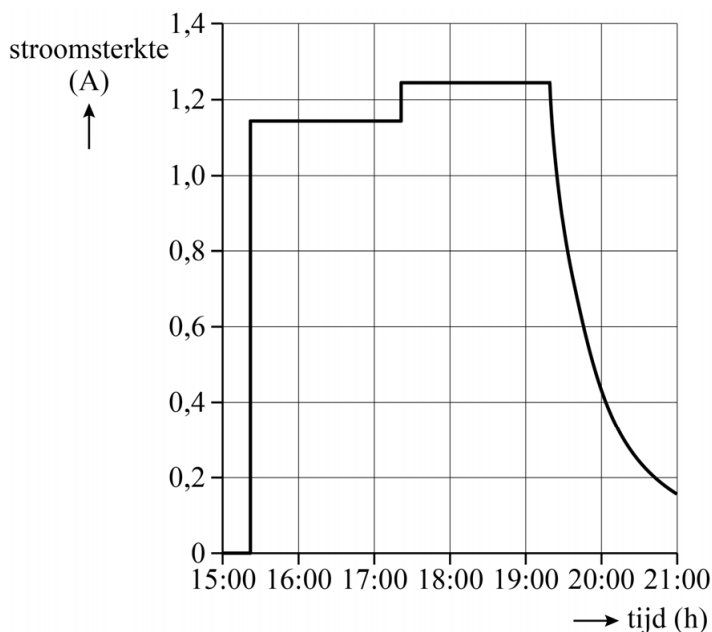


Op de uitwerkbijlage staat een schematische tekening van het stopcontact, de stroommeter en de kabels naar de oplader en scooter.

- 1p 1 Maak het schakelschema op de uitwerkbijlage compleet zodat de stroommeter de juiste stroomsterkte meet.

Om 15.20 uur sluit Mees de scooter aan op de oplader. Op dat moment is de accu nog voor 35% opgeladen. Van het opladen heeft Mees een  $(I, t)$ -diagram gemaakt, zie figuur 2. Deze figuur staat vergroot op de uitwerkbijlage.

figuur 2



Om 21.00 uur geeft de scooter aan dat de accu 100% opgeladen is. Mees bepaalt hoeveel energie er is gebruikt om de accu op te laden. Hij vindt 1,3 kWh.

- 3p **2** Toon met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage aan dat deze waarde klopt.
- 4p **3** Bereken het rendement van het opladen. Noteer je antwoord in het juiste aantal significante cijfers.

In het achterwiel van de scooter zit een elektromotor met een maximaal vermogen van 1,5 kW. De motor is elektronisch begrensd, waardoor de scooter maximaal 25 km h<sup>-1</sup> kan rijden.

Mees wil de maximum snelheid van scooter weten als deze onbegrensd zou zijn. Hij bepaalt de rol- en luchtweerstandskracht om deze snelheid te kunnen bepalen.

Voor het bepalen van de rolweerstandskracht voert Mees een experiment uit. Hij meet bij verschillende beginsnelheden  $v_0$  de afstand  $s$  die nodig is om tot stilstand te komen zonder de remmen te gebruiken. Hij voert de metingen uit op een vlakke, rechte, geasfalteerde weg. Omdat het die dag een beetje waait, besluit Mees de metingen ook uit te voeren in tegenovergestelde bewegingsrichting. Van zijn metingen heeft hij een tabel gemaakt (zie figuur 3).

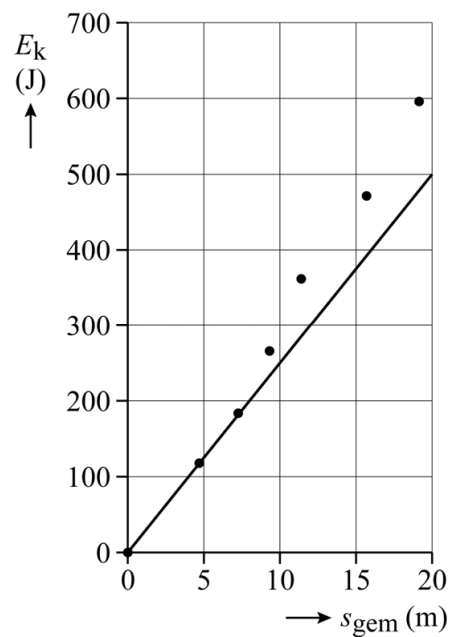
**figuur 3**

$v_0$ (km h <sup>-1</sup> )	$s_{\text{heen}}$ (m)	$s_{\text{terug}}$ (m)	$s_{\text{gem}}$ (m)
4	4,2	5,2	4,7
5	6,6	8,0	7,3
6	8,5	10,0	9,3
7	10,8	12,8	11,4
8	14,4	17,0	15,7
9	18,2	20,1	19,1

- 2p **4** Leg uit of Mees op de heenweg wind mee of wind tegen had.

Mees breidt de tabel uit met een kolom voor de kinetische energie. Hij gebruikt daarbij de totale massa van zichzelf en de scooter samen. Vervolgens maakt hij een  $(E_k, s_{\text{gem}})$ -diagram en tekent hij een trendlijn door de eerste meetpunten om de rolweerstandskracht  $F_{w,\text{rol}}$  te bepalen. Zijn resultaat is te vinden in figuur 4.

figuur 4



- 2p 5 Leg uit waarom Mees alleen de eerste meetpunten kiest voor de trendlijn.
- 2p 6 Bepaal de grootte van  $F_{w,\text{rol}}$ . Noteer je antwoord in twee significante cijfers.

Mees vereenvoudigt de formule voor  $F_{w,\text{lucht}}$  tot:

$$F_{w,\text{lucht}} = k \cdot v^2 \quad (1)$$

- 3p 7 Leid de eenheid van  $k$  af in (grond)eenheden van het SI zoals vermeld in Binas-tabel 3a of Sciencedata-tabel 1.3a.

Mees bepaalt de (getals)waarde van de constante  $k$ . Hierbij gebruikt hij een waarde van 1,2 voor de luchtweerstandscoefficiënt  $c_w$ . Ook gebruikt hij de schematische tekening van de scooter die is weergegeven op de uitwerkbijlage.

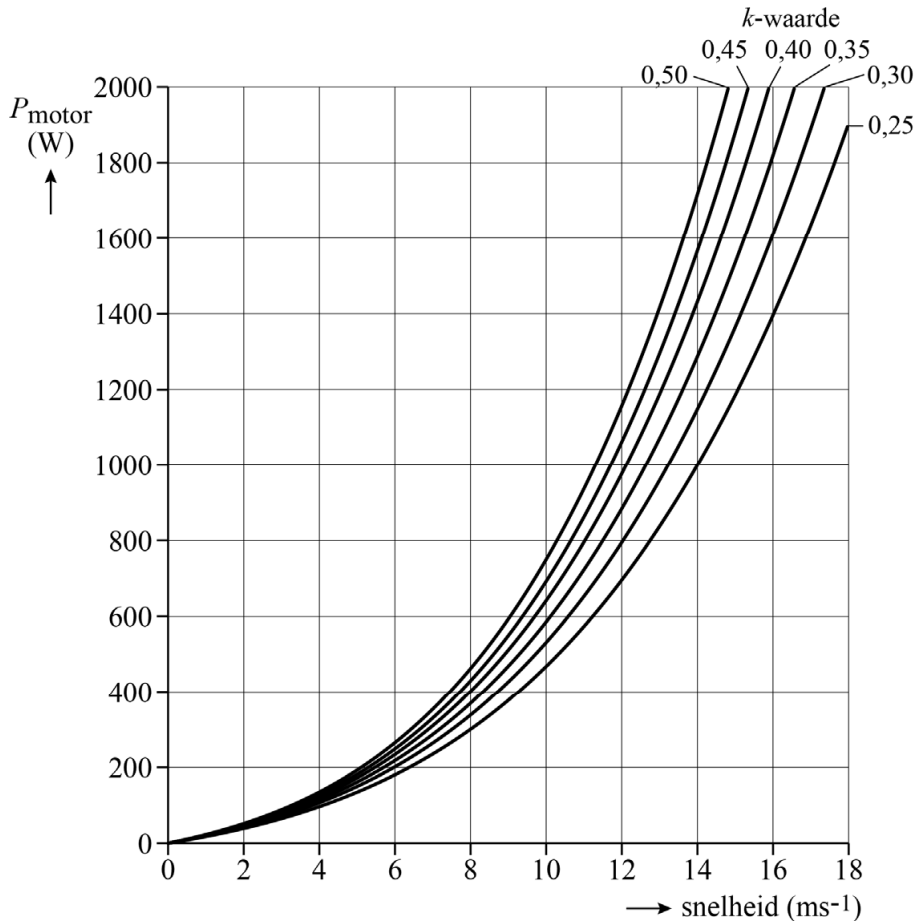
- 4p 8 Mees vindt voor de constante  $k$  een waarde van 0,4. Toon met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage aan dat deze waarde klopt.

Mees realiseert zich dat het verband tussen het vermogen dat de scooter levert ( $P_{\text{motor}}$ ) en de snelheid van de scooter ( $v$ ) te beschrijven is met de volgende formule:

$$P_{\text{motor}} = F_{w,\text{rol}} \cdot v + k \cdot v^3 \quad (2)$$

Omdat de bepaling in vraag 8 niet erg nauwkeurig uitgevoerd kan worden, lukt het Mees niet om de constante  $k$  op meer dan één significant cijfer te bepalen. Hij wil nagaan wat hiervan de invloed is op de bepaling van de maximale snelheid van zijn scooter als die onbegrensd zou zijn. Met behulp van formule 2 maakt hij figuur 5, waarbij hij voor verschillende mogelijke waarden van  $k$  het verband tussen  $P_{\text{motor}}$  en de snelheid berekend heeft. Figuur 5 staat ook op de uitwerkbijlage.

**figuur 5**



Met behulp van figuur 5 kan Mees de ondergrens en bovengrens bepalen van de maximale snelheid van zijn scooter als die onbegrensd zou zijn.

- 3p **9** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage zowel deze ondergrens als deze bovengrens, beide in kmh<sup>-1</sup>. Noteer je antwoorden in drie significante cijfers.