

### Opgave 4 Superbus

Op de TU Delft wordt onder leiding van professor Wubbo Ockels de Superbus ontwikkeld. Zie figuur 1.

figuur 1

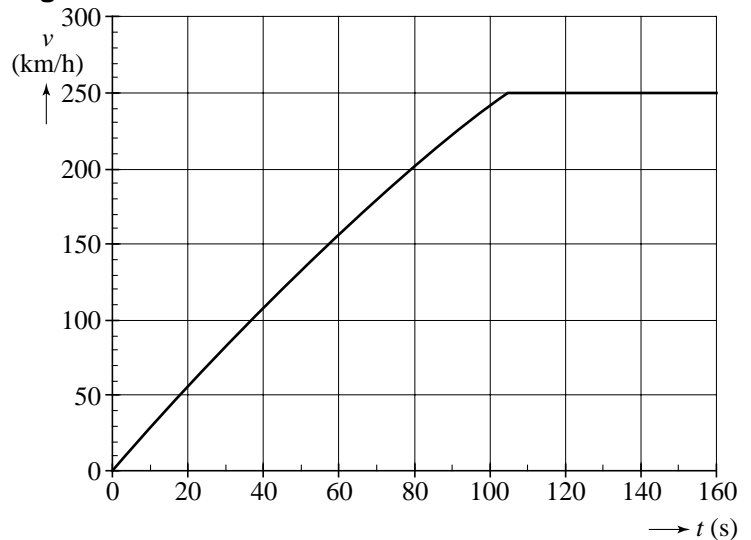


De bus wordt elektrisch aangedreven, biedt plaats aan ongeveer 20 personen en heeft een kruissnelheid van 250 km/h. De massa van de bus inclusief passagiers is  $8,1 \cdot 10^3$  kg.

In figuur 2 is het  $(v,t)$ -diagram van het optrekken van de Superbus weergegeven. We definiëren de optrekafstand als de afstand die de bus moet afleggen om van 0 tot 250 km/h te versnellen. Figuur 2 staat ook op de uitwerkbijlage.

- 4p **13** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de optrekafstand van de Superbus.

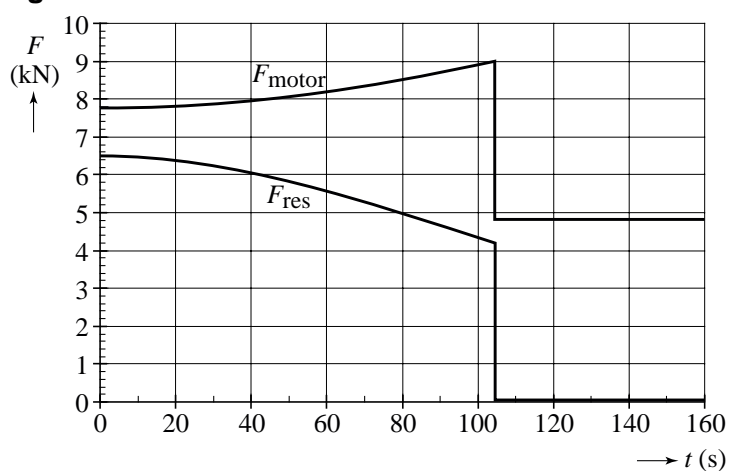
figuur 2



Van het optrekken van de bus is ook een  $(F,t)$ -diagram gemaakt. Zie figuur 3. Hierin is  $F_{\text{motor}}$  de kracht waarmee de motor de bus aandrijft en  $F_{\text{res}}$  de resulterende kracht op de bus. Tussen  $t = 0$  en  $t = 10$  s is  $F_{\text{res}}$  constant. De waarde van  $F_{\text{res}}$  is af te lezen in het  $(F,t)$ -diagram. Die waarde is ook te bepalen met behulp van het  $(v,t)$ -diagram.

- 4p **14** Laat met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage zien dat beide waarden van  $F_{\text{res}}$  met elkaar overeenstemmen.

figuur 3



De wrijvingskracht op de bus bestaat uit de constante rolwrijvingskracht  $F_{w,rol}$  en de luchtwrijvingskracht  $F_{w,lucht}$  waarvan de grootte afhangt van de snelheid. Voor de Superbus geldt:  $F_{w,rol} = 1,3 \cdot 10^3$  N.

3p **15** Leg uit hoe uit figuur 3 blijkt dat  $F_{w,rol} = 1,3 \cdot 10^3$  N.

Na  $t = 105$  s is de motorkracht constant.

3p **16** Bepaal het vermogen dat de motor dan levert.

De Superbus is zo ontworpen dat hij zo weinig mogelijk luchtweerstand ondervindt.

Voor de luchtwrijvingskracht  $F_{w,lucht}$  geldt de volgende formule:

$$F_{w,lucht} = \frac{1}{2} c_w \rho A v^2$$

Hierin is:

- $c_w$  de luchtwrijvingscoëfficiënt;
- $\rho$  de dichtheid van de lucht (in  $\text{kg/m}^3$ );
- $A$  de frontale oppervlakte van de bus (in  $\text{m}^2$ );
- $v$  de snelheid van de superbus (in  $\text{m/s}$ ).

De Superbus is 2,50 m breed en 1,70 m hoog.

De dichtheid van de lucht is  $1,2 \text{ kg/m}^3$ .

4p **17** Bepaal de luchtwrijvingscoëfficiënt van de Superbus.

De actieradius van de Superbus is de afstand die hij bij gemiddeld energieverbruik kan afleggen als zijn accu's helemaal gevuld zijn.

De Superbus heeft 324 accu's; in elke accu kan 0,74 kWh energie worden opgeslagen. De bus verbruikt gemiddeld 0,83 kWh per kilometer.

3p **18** Bereken de actieradius van de Superbus. Neem daarbij aan dat alle opgeslagen energie wordt verbruikt.

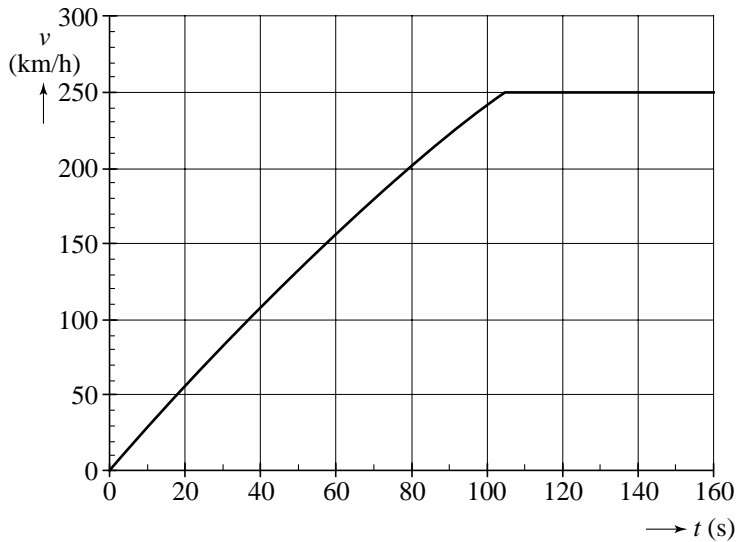
Als de accu's leeg zijn, worden ze tegelijk opgeladen.

De spanning over elke accu is 4,2 V. De laadstroom door één accu is 200 A.

3p **19** Bereken de tijd die nodig is om een accu helemaal op te laden. Neem daarbij aan dat er geen energieverliezen optreden tijdens het opladen.

**uitwerkbijlage**

13



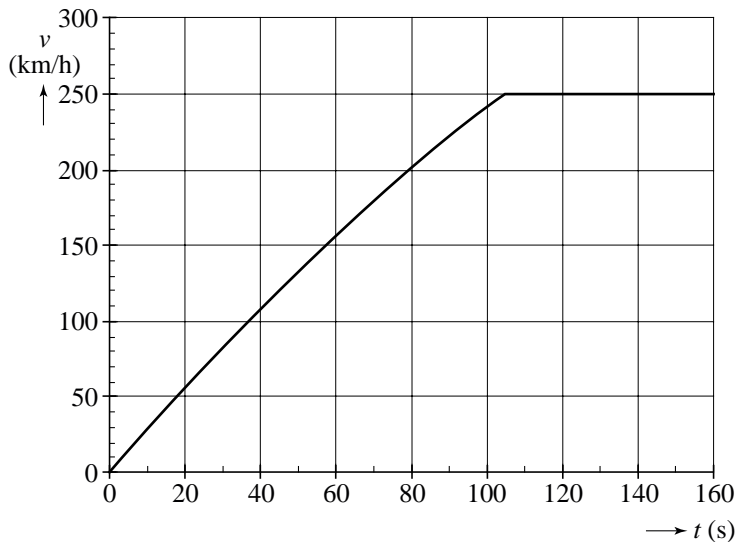
ruimte voor een berekening: .....

.....

.....

.....

14



ruimte voor de beantwoording van vraag 14: .....

.....

.....

.....