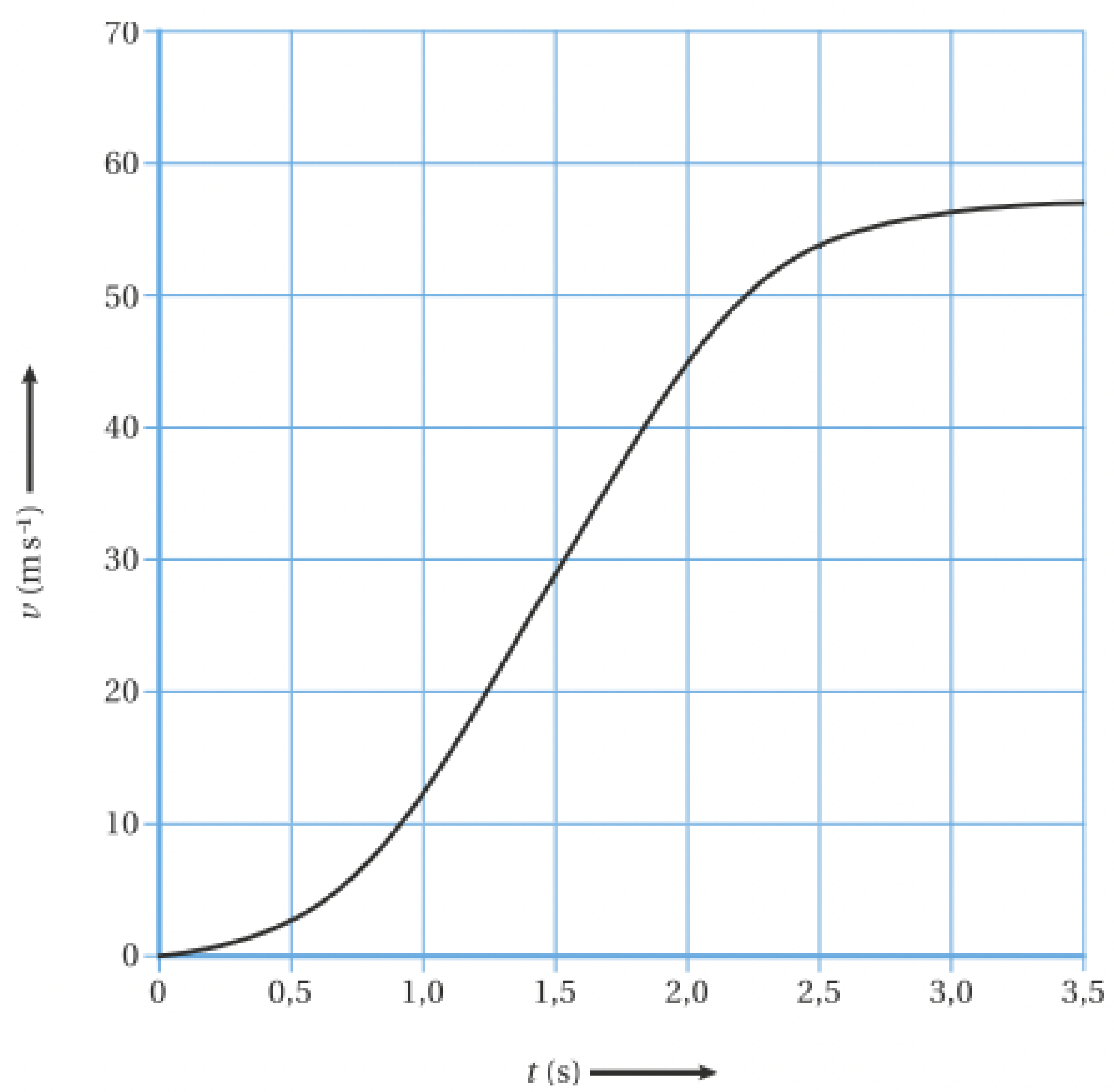
39 Figuur 8.44 is een foto van de achtbaan Kingda Ka.
Bij de start wordt de trein op een horizontale baan versneld. In figuur 8.45 staat het (v,t)-diagram van de beweging op die horizontale baan. Bij dit soort attracties wordt de versnelling op de passagiers vaak uitgedrukt in de valversnelling g.

Figuur 8.44

a Bepaal met behulp van figuur 8.45 de maximale versnelling die de passagiers ondervinden, uitgedrukt in de valversnelling g.



Figuur 8.45

Op de horizontale baan van de achtbaan zorgt een elektromotor voor de aandrijving van de trein met passagiers. De massa van de trein met passagiers bedraagt $3{,}1 \cdot 10^3$ kg.

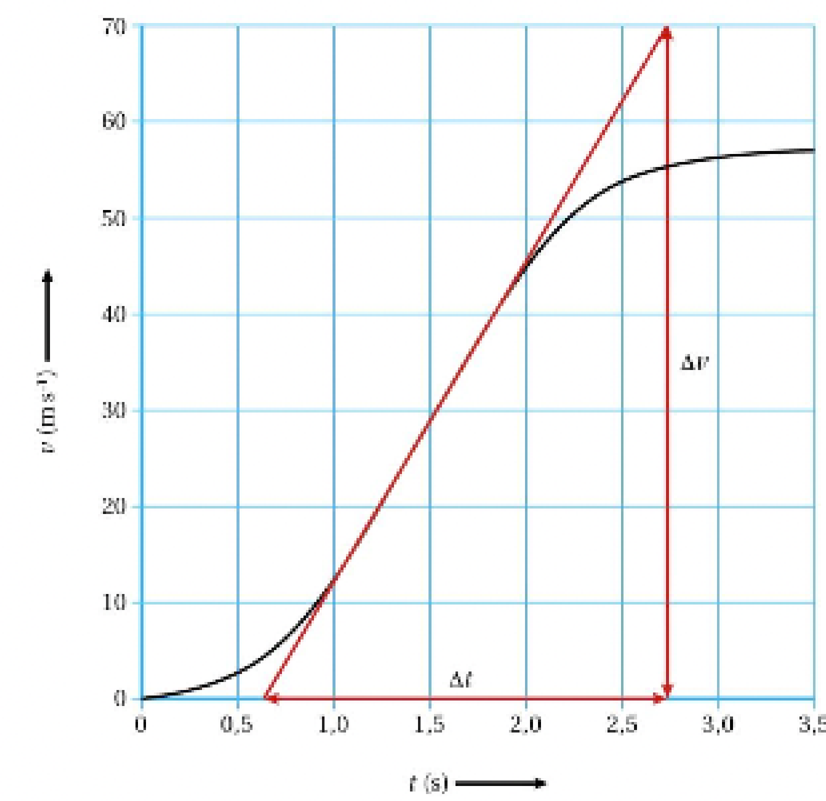
b Bepaal het gemiddelde vermogen dat de elektromotor gedurende de eerste 3,5 s minimaal moet leveren.

Aan het einde van de horizontale baan werkt er geen aandrijvende kracht meer. Het (zwaartepunt van het) treintje gaat daarna 139 m omhoog. Natuurlijk moet de trein wel de top halen. Een bepaald percentage van de bewegingsenergie wordt tijdens de rit naar boven omgezet in warmte ten gevolge van de wrijving.

c Bereken hoe groot dit percentage maximaal mag zijn.

a De maximale versnelling uitgedrukt in de valversnelling g bepaal je met de steilheid van de raaklijn op het steilste stuk van de (v,t)-grafiek en de valversnelling g.

Zie figuur 8.13.



Figuur 8.13

$a = \dfrac{\Delta v}{\Delta t}$

$a = \dfrac{70{,}0 - 0{,}0}{2{,}7 - 0{,}6}$

$a = 33{,}3\ \mathrm{m\,s^{-2}}$

Uitgedrukt in de valversnelling g volgt uit:

$a = \dfrac{33{,}3}{9{,}81}$

$a = 3{,}39\ g$

Afgerond: $a = 3{,}4\ g$

b Het gemiddelde vermogen dat de elektromotor minimaal moet leveren, bereken je met de formule voor vermogen.
Het verschil in kinetische energie bereken je met de formule voor kinetische energie.

$\Delta E_k = E_{k,eind} - E_{k,begin} = \frac{1}{2} m \cdot v_{eind}^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_{begin}^2 = \frac{1}{2} m \cdot v_{eind}^2$

$v_{begin} = 0\ \mathrm{m\,s^{-1}}$

$\Delta E_k = \frac{1}{2} m \cdot v_{eind}^2$

$m = 3{,}1 \cdot 10^3$ kg

$v_{eind} = 57\ \mathrm{m\,s^{-1}}$ (aflezen in figuur 8.45 van het boek)

Invullen levert: $\Delta E_k = \frac{1}{2} \times 3{,}1 \cdot 10^3 \times 57^2$.

$\Delta E_k = 5{,}035 \cdot 10^6$ J

$P_{gem} = \dfrac{\Delta E_k}{\Delta t}$

$\Delta t = 3{,}5$ s

$P_{gem} = \dfrac{5{,}035 \cdot 10^6}{3{,}5}$

$P_{gem} = 1{,}43 \cdot 10^6$ W

Afgerond: $P_{gem} = 1{,}4 \cdot 10^6$ W.

c Het maximale percentage van de bewegingsenergie dat omgezet mag worden in warmte bereken je met de zwaarte-energie en de kinetische energie.
De zwaarte-energie van het treintje bereken je met de formule voor zwaarte-energie.
De kinetische energie volgt uit de kinetische energie bij vraag b.

$E_{zw} = m \cdot g \cdot h$

$m = 3{,}1 \cdot 10^3$ kg

$h = 139$ m

$E_{zw} = 3{,}1 \cdot 10^3 \times 9{,}81 \times 139$

$E_{zw} = 4{,}227 \cdot 10^6$ J

$E_k = 5{,}035 \cdot 10^6$ J (zie vraag 37b)

Er mag maximaal $(E_k - E_{zw})$ aan warmte ontstaan. Dan is er precies genoeg energie over om de top te bereiken.

Er mag maximaal $\dfrac{E_k - E_{zw}}{E_k} \cdot 100\%$ aan warmte ontstaan.

Dit is $\dfrac{5{,}035 \cdot 10^6 - 4{,}227 \cdot 10^6}{5{,}035 \cdot 10^6} \cdot 100\% = 16{,}0\%$.

Afgerond: 16%.