

## Opgave 2 RTO

Vliegtuigen worden regelmatig onderworpen aan zware testen. Een voorbeeld van zo'n test is de Rejected Take Off (RTO).

Tijdens een RTO versnelt een vliegtuig tot de snelheid die nodig is om op te stijgen. Daarna wordt er zo hard mogelijk geremd.

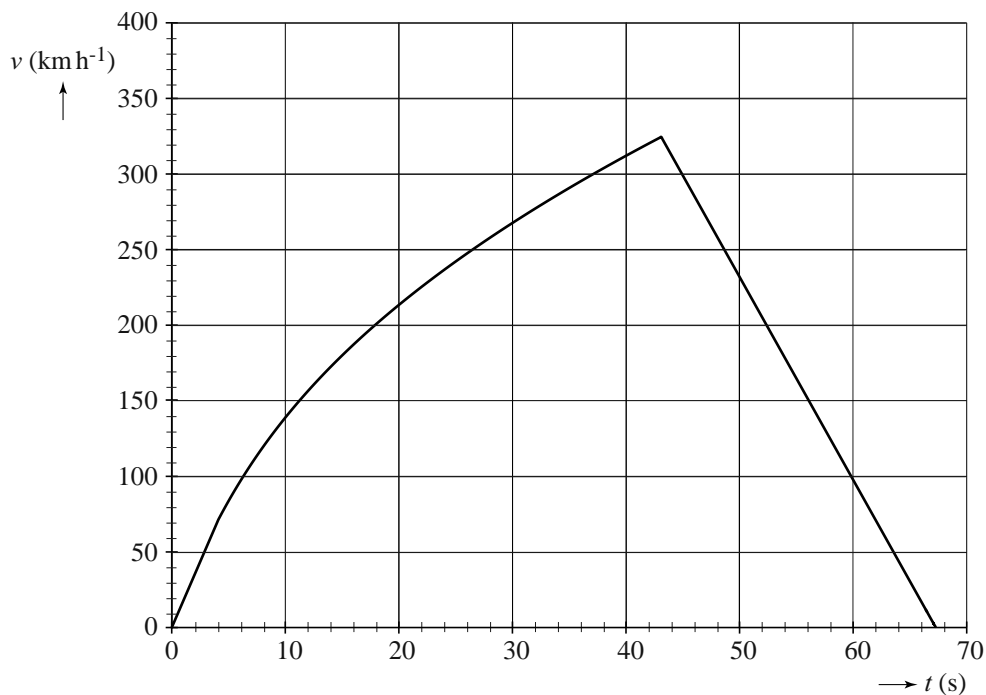
Tijdens deze noodstop worden de remmen soms zó heet dat ze in brand kunnen vliegen. Zie figuur 1.

figuur 1



In figuur 2 is het  $(v,t)$ -diagram van een RTO-test gegeven.

figuur 2



- 3p **6** In de eerste vier seconden is de versnelling van het vliegtuig constant. Bepaal deze versnelling.

De test is uitgevoerd op een baan met een lengte van 4,00 km.

- 3p **7** Leg met behulp van het  $(v,t)$ -diagram uit dat deze baan lang genoeg is voor deze test.

# Eindexamen havo natuurkunde pilot 2012 - II

Het vliegtuig heeft een massa van  $5,9 \cdot 10^5$  kg. De maximale kinetische energie van het vliegtuig is  $2,4 \cdot 10^9$  J.

2p **8** Toon dit aan.

De motoren gebruiken kerosine als brandstof. Bij verbranding levert  $1,0 \text{ m}^3$  kerosine  $35,5 \cdot 10^9$  J. Het rendement van de motoren is 40%.

3p **9** Bereken hoeveel liter kerosine de motoren minimaal nodig hebben om het vliegtuig tot de maximale snelheid te versnellen.

Het vliegtuig heeft 20 wielen; ieder wiel heeft één rem.

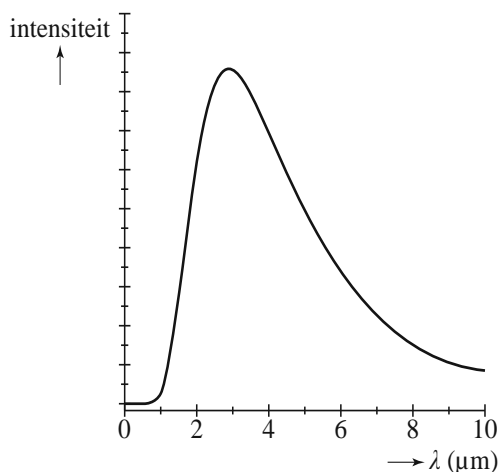
4p **10** Bepaal met behulp van de wet van arbeid en kinetische energie de remkracht die één wiel uitoefent tijdens het afremmen. Gebruik hiervoor ook figuur 2.

Op de uitwerkbijlage staan drie zinnen over het afremmen van het vliegtuig.

5p **11** Maak op de uitwerkbijlage elke zin compleet.

Tijdens het afremmen worden de remmen roodgloeiend. Met een computer is dan de intensiteit van de straling die door een rem is uitgezonden, gemeten bij verschillende golflengtes. Het resultaat van de meting is in figuur 3 weergegeven.

**figuur 3**



3p **12** Bepaal met behulp van figuur 3 de (effectieve) temperatuur van de rem.

Tegenwoordig zijn remmen in vliegtuigen gemaakt van carbon in plaats van staal. Carbonremmen hebben hetzelfde volume als stalen remmen. De remkracht van beide soorten remmen is ook even groot.

In de tabel zijn twee materiaaleigenschappen van beide materialen weergegeven.

	dichtheid $\rho$ in $\text{kg m}^{-3}$	soortelijke warmte $c$ in $\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$
staal	$7,8 \cdot 10^3$	$0,48 \cdot 10^3$
carbon	$2,5 \cdot 10^3$	$0,80 \cdot 10^3$

Voor het opwarmen van een rem geldt:

$$Q = c\rho V\Delta T$$

In de eerste drie seconden van het afremmen is de warmte-uitwisseling van de rem met de omgeving te verwaarlozen.

3p **13** Leg uit welk materiaal in die tijd de hoogste temperatuur bereikt.

**uitwerkbijlage**

11 Maak deze zinnen compleet door het juiste alternatief te kiezen en de zinnen af te maken.

1 Bij het afremmen **neemt de remkracht toe / neemt de remkracht af / blijft de remkracht gelijk**, want: .....

.....  
.....

2 Bij het afremmen **neemt het vermogen van de remmen toe / neemt het vermogen van de remmen af / blijft het vermogen van de remmen gelijk**, want: .....

.....  
.....

Maak deze zin compleet door de juiste alternatieven te kiezen.

3 De remmen van de wielen worden zeer heet omdat er **meer/minder** energie per seconde aan de remmen wordt **toegevoerd/afgevoerd** dan er per seconde door de remmen wordt **opgenomen/afgestaan** aan de omgeving.