

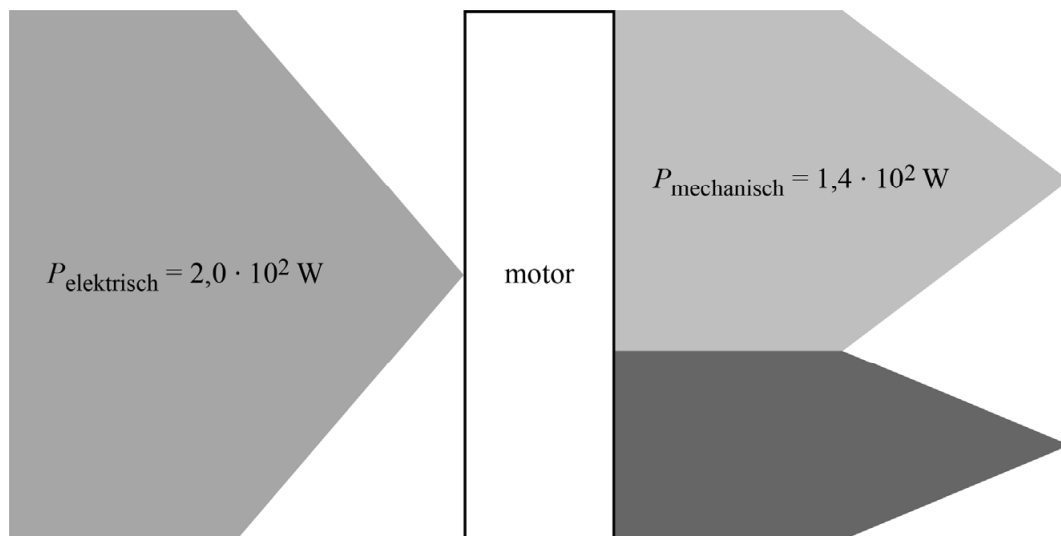
Wielrennen met een motor

Tijdens wielrenwedstrijden is hulp van een motor verboden. Tijdens een wedstrijd kan zo'n motor voor tijdwinst zorgen. In 2016 werd voor het eerst een racefiets ontdekt met een verboden motor in het frame.

De motor werkt op elektrische energie. Een deel van deze energie wordt door de motor gebruikt om arbeid te verrichten.

In figuur 1 is in een diagram weergegeven wat de motor aan elektrisch vermogen ($P_{\text{elektrisch}}$) krijgt en aan arbeid per seconde (mechanisch vermogen $P_{\text{mechanisch}}$) verricht. Deze figuur is niet op schaal.

figuur 1



Een bij wielrenners bekende heuvel is de Cauberg. Deze heuvel heeft een hoogteverschil van 64 m.

Een wielrenner van 80 kg levert zelf een vermogen van $4,0 \cdot 10^2 \text{ W}$ tijdens de beklimming van de Cauberg. De motor levert continu een extra mechanisch vermogen van $1,4 \cdot 10^2 \text{ W}$. Zie figuur 1. Alle wrijving wordt verwaarloosd.

- 4p 13 Bereken de tijdwinst die de motor op deze klim oplevert. Geef je antwoord in twee significante cijfers.

De motor heeft een elektrisch vermogen van $2,0 \cdot 10^2$ W. Zie figuur 1.
De motor krijgt zijn energie van een accu. De accu is onzichtbaar ingebouwd in de fiets. In de tabel in figuur 2 zijn twee eigenschappen van verschillende types accu met elkaar vergeleken.

figuur 2

type accu	energiedichtheid accu (Wh kg ⁻¹)	maximaal vermogen per kilogram accu (W kg ⁻¹)
NiCd	48	200
Li-ion	220	400

Voor de racefiets is een Li-ion-accu gebruikt. Tot voor kort werd in apparaten vooral gebruikgemaakt van NiCd-accu's. Met NiCd konden geen bruikbare accu's worden gemaakt voor racefietsen. In de fiets kan een accu verborgen worden van maximaal 0,80 kg. Een zwaardere (en grotere) accu zou opgemerkt worden.

2p **14** Leg uit welke van de twee eigenschappen uit de tabel NiCd zeker onbruikbaar maakt voor deze racefiets.

Er is een Li-ion-accu gebruikt met een massa van 0,80 kg.

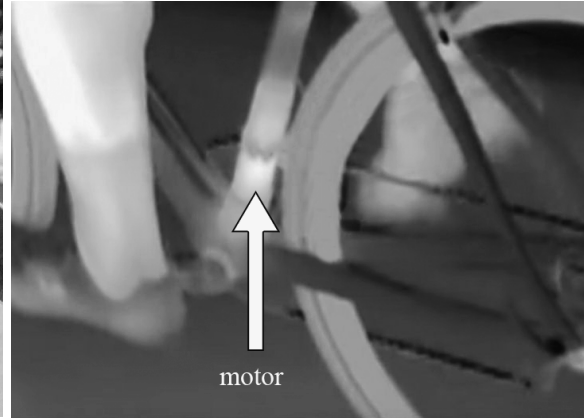
3p **15** Bereken met behulp van de energiedichtheid de tijd dat de accu de motor van energie kan voorzien.

De motor en de accu zijn verstopt in een buis van de fiets. Zo'n motor kan tijdens het fietsen worden opgespoord omdat hij warmte afgeeft. Met een speciale camera worden de fietsen gefotografeerd. Zie figuur 3. De camera laat met verschillende kleuren verschillen in temperatuur op de foto zien. De warme buis rond de motor komt licht op de foto. Zie figuur 4.

figuur 3



figuur 4



De camera kan het temperatuurverschil zichtbaar maken als het deel van de buis om de motor meer dan $2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ warmer is dan de rest van de buis. Zie figuur 4. De motor moet dan wel lang genoeg hebben aangestaan. De buis is van aluminium en heeft rondom de motor een volume van 48 cm^3 . De motor heeft een elektrisch vermogen van $2,0 \cdot 10^2\text{ W}$ en een mechanisch vermogen van $1,4 \cdot 10^2\text{ W}$. Zie figuur 1.

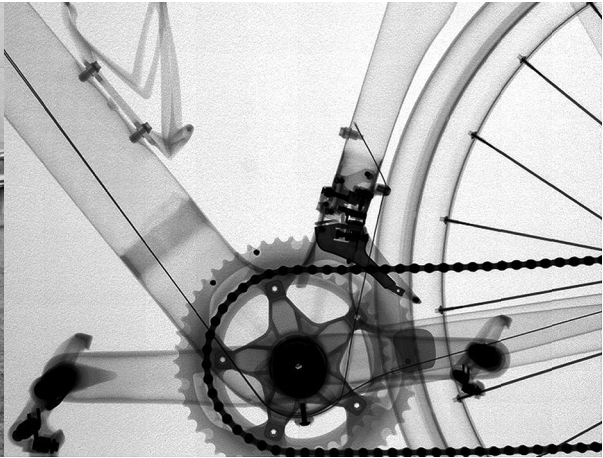
- 5p **16** Bereken de tijd die de motor minimaal moet aanstaan om hem te kunnen detecteren. Geef je antwoord in het juiste aantal significante cijfers.
- 1p **17** Welke soort elektromagnetische straling zorgt ervoor dat de motor gedetecteerd kan worden door de camera?
- A infrarode straling
 - B zichtbaar licht
 - C ultraviolette straling
 - D röntgenstraling
 - E gammastraling

Een motor in het frame kan ook voor of na de wedstrijd zichtbaar gemaakt worden door een röntgenfoto van de fiets te maken met een röntgenscanner die in een aanhanger ingebouwd is. Zie figuren 5 en 6.

figuur 5



figuur 6



De röntgenscanner wordt gebruikt om de racefietsen op een wedstrijddag te scannen. Een medewerker ($m = 85 \text{ kg}$) die in de aanhanger bij de scanner blijft staan, ontvangt gemiddeld $0,72 \text{ J}$ aan röntgenstraling per wedstrijddag. Mensen die beroepshalve met straling werken, mogen jaarlijks over het lichaam een dosis van 20 mGy ontvangen.

Tijdens het scannen wordt het personeel aangeraden niet in de aanhanger met de scanner te blijven staan.

3p **18** Leg met behulp van een berekening uit dat dit een goed advies is.

In figuur 6 is te zien dat de foto lichter wordt als meer röntgenstraling de foto heeft bereikt. De ketting wordt donkerder afgebeeld dan de even dikke aluminium buizen van het frame.

Een motor is gemaakt van metaal. De fiets in figuur 6 blijkt geen motor in het frame te hebben.

2p **19** Omcirkel in elke zin op de uitwerkbijlage het juiste alternatief.