

vermeld op het eerste blad uw naam, adres, studierichting, geboortedatum en studentnummer, op de overige bladen uw naam.

gebruik waar nodig de volgende gegevens:

$$0\text{ }^{\circ}\text{C} = 273\text{ K}$$

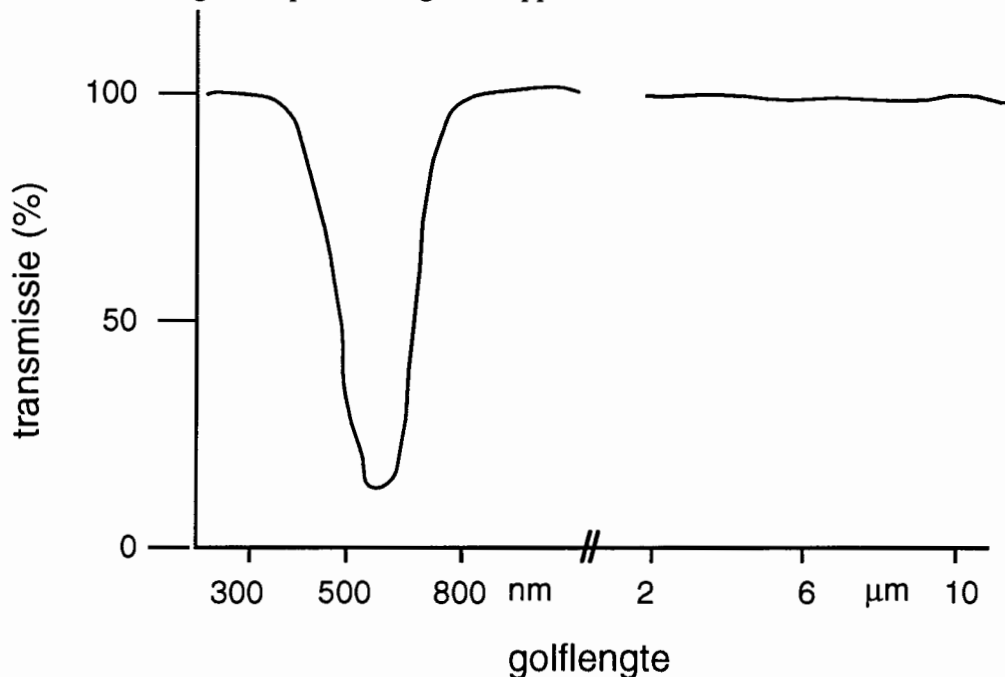
$$\text{de constante van Stefan-Boltzmann : } \sigma = 5,672 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$$

de verbrandingswarmte van benzine is 32 MJ / liter

1. We stellen ons de planeet Hypotheticum voor die, wat z'n klimaat betreft, veel op de aarde lijkt. De planeet heeft een straal precies gelijk aan die van de aarde. De bijbehorende "zon" heeft dezelfde spectrale eigenschappen als onze zon, maar staat dichterbij. Daardoor is de zonneconstante veel hoger dan op aarde: $2400 \text{ W}/\text{m}^2$

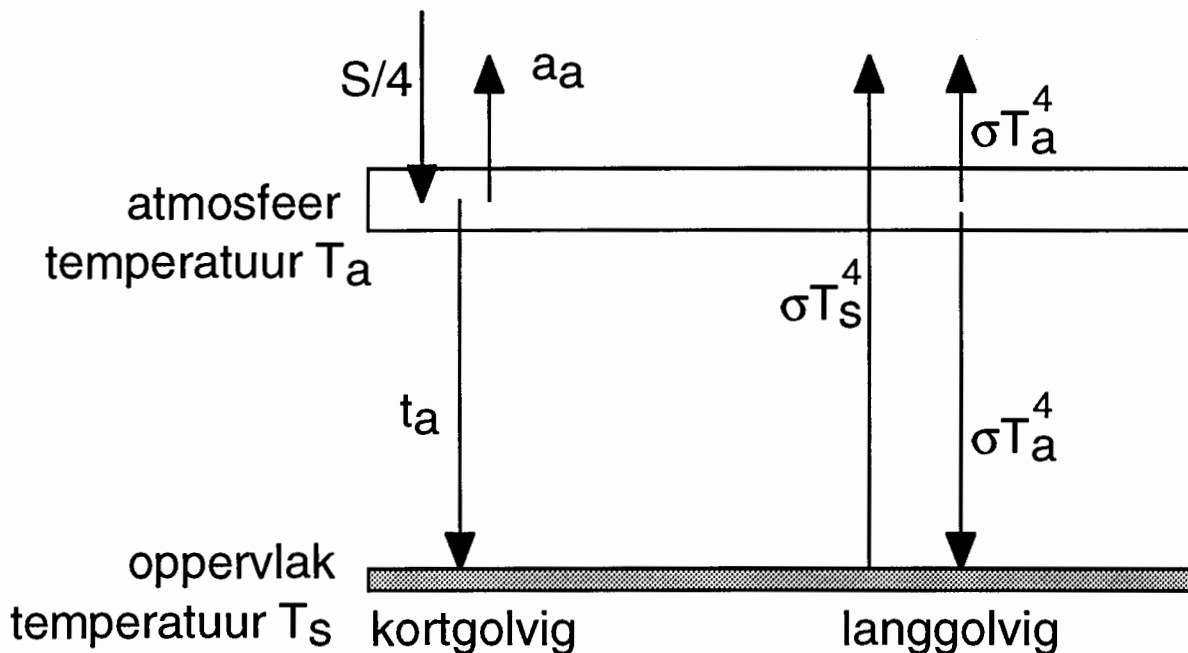
- a) Bereken de temperatuur van de planeet in afwezigheid van een atmosfeer, en onder aanname dat de albedo gelijk is aan $a = 0,1$.

De werkelijke temperatuur op de planeet wordt sterk beïnvloed door de atmosfeer. Dit komt voor een groot deel door het voorkomen van een sporengas in de atmosfeer, laten we het Frigiumoxide noemen (FgO), met, schematisch, de volgende spectrale eigenschappen:



- b) Beredeneer hoe dit gas in de atmosfeer de temperatuur op het oppervlak van de planeet beïnvloedt.

We stellen voor de planeet een zeer eenvoudig stralingsbalansmodel op:



Hierbij hebben we aangenomen : kortgolvig: de albedo van het oppervlak = 0, en langgolvig: de transmissie door de atmosfeer = 1 en de albedo van het oppervlak = 0

c) Stel voor dit model voor de stationaire toestand de energiebalansvergelijkingen voor atmosfeer en oppervlak op. Leid hieruit de uitdrukkingen voor T_s en T_a af.

Wanneer we voorts aannemen: $a_a = 0,1$ en $t_a = 0,6$

d) Bereken T_s en T_a van de planeet onder die omstandigheden (geef het antwoord op 0,1 K nauwkeurig).

Evenals op aarde beïnvloedt op Hypotheticum de civilisatie de atmosferische (sporen)gassen: het gas FgO komt in grote hoeveelheden vrij door “menselijk” toedoen. Dit doet de atmosferische concentratie zover stijgen, dat men vreest dat hierdoor de transmissie met 10% verandert.

e) Bereken voor dit scenario de T_s en T_a , en vergelijk met d)

f) Welke essentiële wisselwerking tussen atmosfeer en oppervlak ontbreekt in dit zeer simpele model? Hoe worden T_a en T_s beïnvloed (in kwalitatieve zin) wanneer deze term meegenomen wordt ?

2. De optische dichtheid is gedefinieerd als het produkt : $OD = \epsilon \times l \times c$, met:

ϵ de specifieke molaire extinctiecoëfficiënt, l de padlengte en c de concentratie van het absorberende gas. Voor ozon, en zijn absorberende werking in het golflengte-gebied rond 300 nm geldt onder Nederlandse omstandigheden, midden in de zomer en om 12 uur zonnetijd voor het pad door de atmosfeer: $OD = 3,8$. (De zon staat dan 60° boven de horizon).

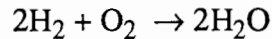
a) Wat is dan de transmissie door de atmosfeer voor dat golflengtegebied ?

Stel iemands huid kan onder de bovenstaande omstandigheden precies 1 uur zonlicht verdragen. Hoe groot wordt deze tijd

b) als de ozonconcentratie 15% afneemt.

c) om 5 uur 's middags (met de zon 45° boven de horizon).

3. Om electriciteit op te wekken kan men in principe de inwendige (chemische) energie gebruiken die vrijkomt bij de reactie:



Dit kan gebeuren in een "conventionele" electriciteitscentrale, dus door "verbranding" van waterstofgas, maar ook in een brandstofcel.

a) Leg uit met welke tussenstappen de conversie van inwendige energie tot elektrische energie in een conventionele centrale plaatsvindt.

b) idem voor de brandstofcel

c) Wat is het principiële voordeel van de brandstofcel ?

4. Een Otto- (benzine-) motor zet inwendige (chemische) energie om in kinetische energie door verbranding van benzine. Geïdealiseerd wordt dat in de volgende figuur weergegeven. De beschrijving van het proces is als volgt:

• De motor start bij "1" met een vers lucht/brandstof mengsel

• van "1" naar "2" treedt adiabatische compressie op van het lucht-brandstof mengsel. Idealiter geldt hiervoor:

$$T_1 V_1^{\kappa-1} = T_2 V_2^{\kappa-1} \quad \text{met } \kappa = C_p/C_v \text{ (de soortelijke warmten bij resp. constant volume en constante druk)}$$

• van "2" naar "3" wordt een hoeveelheid warmte Q_H geleverd (de verbranding), het volume blijft constant, de druk stijgt, en er geldt:

$$T_3 - T_2 = Q_H / (C_v \cdot n) \quad \text{met } n \text{ het aantal mol lucht/gas in de cilinder}$$

• van "3" naar "4" treedt adiabatische expansie op: $T_3 V_3^{\kappa-1} = T_4 V_4^{\kappa-1}$

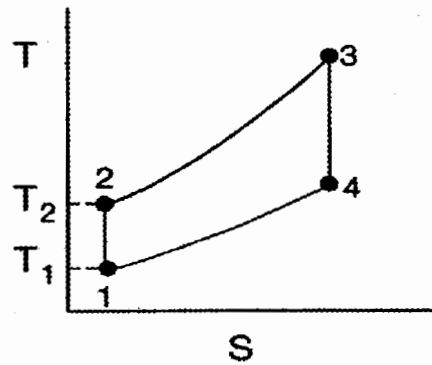
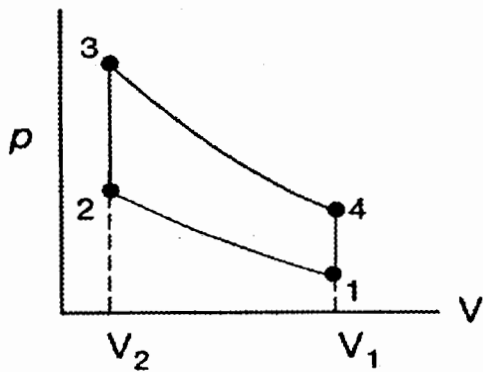
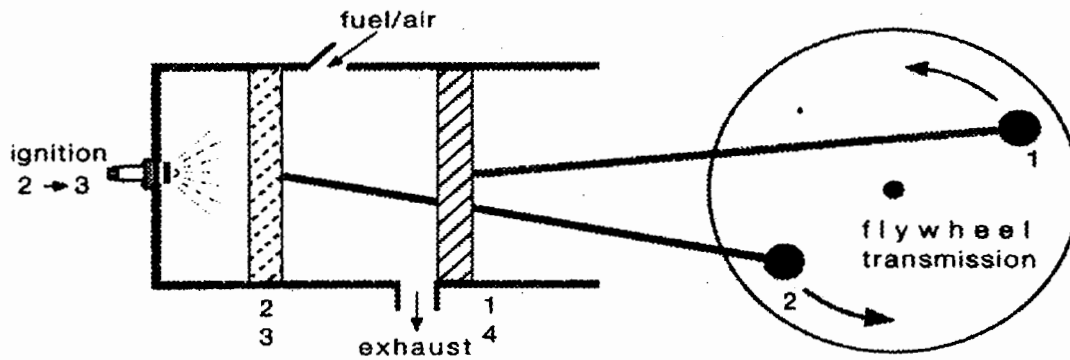
• Ten slotte van "4" naar "1" wordt het uitlaatgas uitgedreven, en een vers lucht/brandstofmengsel ingelaten. Dit komt neer op afstaan van een hoeveelheid warmte Q_C aan de buitenlucht, en er geldt

$$T_4 - T_1 = Q_C / (C_v \cdot n), \quad \text{en bovendien } V_4 = V_1$$

a) Toon aan dat voor deze geïdealiseerde situatie geldt voor het rendement van de motor:

$$\eta = 1 - \frac{1}{r^{\kappa-1}}, \quad \text{met } r = \frac{V_1}{V_2}$$

b) Bereken dit ideaal rendement met de gegevens $r = 10$ en $\kappa = 1.2$



Stel deze ideale Otto-motor wordt ingebouwd in een auto, waar de totale, snelheidsafhankelijke, wrijvingskracht weergegeven kan worden door de formule:

$$F_w = A + B \cdot v^2$$

met $A = 150 \text{ N}$, en $B = 0,4 \text{ N m}^{-2}\text{s}^2$ (v is de snelheid in m/s)

- c) Hoeveel km zou deze "ideale" auto moeten kunnen rijden op 1 liter benzine bij een constante snelheid van 90 km/uur? Vergelijk deze uitkomst met "de praktijk". Wat is uw conclusie? (HINT: de wrijvingskracht is gelijk aan het energieverlies per gereden afstand)