

Tentamen Milieufysica
5-2-2010, 9.00-12.00 uur

Vermeld (duidelijk!) naam, adres, geboortedatum, studienummer en studierichting op het 1^e vel papier; op ieder volgend vel uw naam.

Het gebruik van het boek en eigen kladpapier is niet toegestaan. Vraag desgewenst om extra papier.

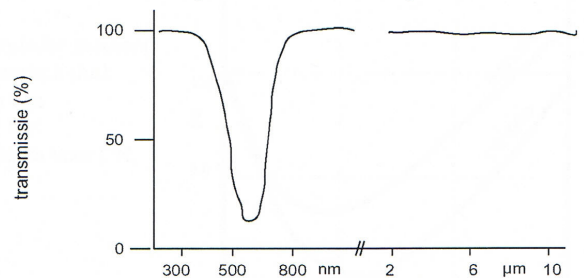
Gebruik voor ieder vraagstuk een nieuw, los vel papier!

Opgave 1. Gebruik voor ieder vraagstuk een nieuw, los vel papier!

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 W/m^2

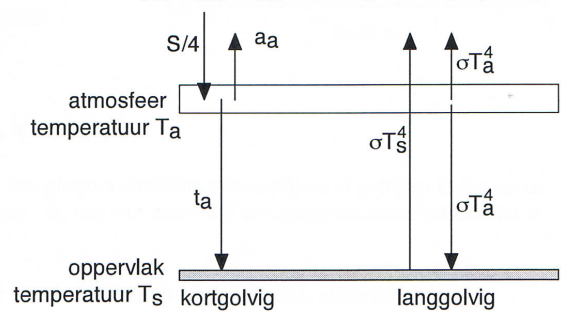
a) Bereken de temperatuur van de planeet in afwezigheid van een atmosfeer, en onder aanname dat de albedo gelijk is aan $a = 0,1$.

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 De constante van Stefan-Boltzmann $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/[m}^2\text{K}^4]$



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. (Zorg dat de vergelijking voor T_a geen T_s term meer bevat en vice versa).

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 ?

Opgave 2. Gebruik voor ieder vraagstuk een nieuw, los vel papier!

Voor kernfusie zijn de volgende vier reacties denkbaar:

$${}^2\text{D} + {}^3\text{T} \rightarrow {}^4\text{He} + \text{n}^0 + 17.6 \text{ MeV} \quad (1)$$

$${}^2\text{D} + {}^2\text{D} \rightarrow {}^3\text{He} + \text{n}^0 + 3.27 \text{ MeV} \quad (2)$$

$${}^2\text{D} + {}^2\text{D} \rightarrow {}^3\text{T} + {}^1\text{H} + 4.03 \text{ MeV} \quad (3)$$

$${}^2\text{D} + {}^3\text{He} \rightarrow {}^4\text{He} + {}^1\text{H} + 18.3 \text{ MeV} \quad (4)$$

- Bespreek de haalbaarheid van deze 4 reacties in een fusiereactor. Welke reactie wordt in de praktijk (d.w.z. in de huidige test-reactoren) gebruikt?
- Welke van de benodigde isotopen komt/komen niet (voldoende) in de natuur voor?
- Hoe wordt/worden deze isoto(o)p(en) dan geproduceerd?
- Welk radioactief risico bestaat bij het bedrijf van een fusiereactor?
- Welk radiocatief risico bestaat bij ontmanteling van een fusiereactor na jarenlang functioneren?

Opgave 3. Gebruik voor ieder vraagstuk een nieuw, los vel papier!

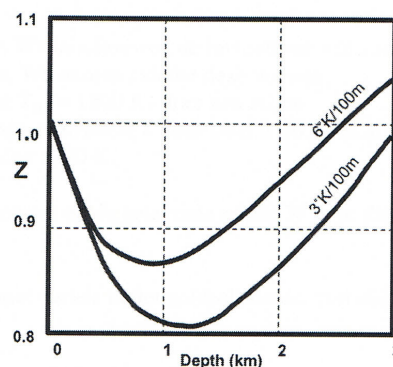
Het gasveld "Zernike" kent een productie van 3 miljoen m³ gas per dag. Het gas bevat 15% stikstof. Methaan heeft een "heating value" van 4.10⁷ J/m³.

- Wat is het vermogen van dit gasveld in MW?

Het veld bevindt zich in een gebied met een geothermische gradient van 3°C/100m op een diepte van 2 km in een hydrostatisch druk regime. De standaard condities aan het oppervlak zijn een temperatuur van 15°C en een luchtdruk van 1.01325 bar. Nevenstaand diagram geeft het verloop van Z met diepte voor CH₄. De gas expansiefactor is gegeven door:

$$E = (T_s/p_s) \cdot (p/ZT)$$

- Wat is het volume dat na 5 jaar productie onder reservoir condities aan het veld onttrokken is?



Opgave 4. Gebruik voor ieder vraagstuk een nieuw, los vel papier!

Één van de principiële beperkingen van het rendement van photo-voltaïsche zonnecellen, is gelegen in het brede spectrum van de zon, samen met het feit dat de "band gap" E_g van een zonnecel een gegeven materiaalconstante is.

- Leg uit welk deel van de energie per aanwezig foton maximaal kan worden gebruikt, afhankelijk van de energie van dit foton en E_g

Om deze beperking van het rendement te berekenen, veronderstellen we een zonnecel met instelbare E_g, en een volledig "wit" spectrum, dat tussen foton-energieën E_{min} en E_{max} een constant aantal fotonen n_φ(E) bij iedere energie bevat.

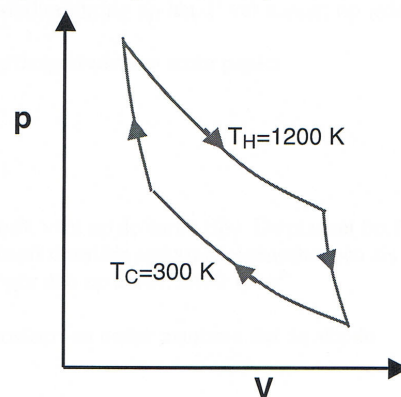
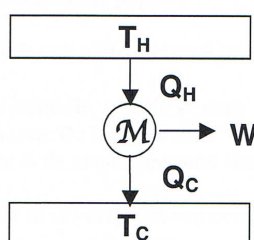
- Geef de uitdrukking voor het rendement voor de zonnecel in deze situatie, uitgedrukt in E_G, E_{max}, E_{min}, en n_φ(E) daarbij aannemend dat E_g een waarde heeft tussen E_{min} en E_{max}
- Geef de uitdrukking voor E_g waarbij dit rendement maximaal is.
- Wat is de waarde van dit maximale rendement als E_{max} = 3 eV en E_{min} = 0,8 eV?

Opgave 5. Gebruik voor ieder vraagstuk een nieuw, los vel papier!

Een cyclus van een zekere, volledig reversibel werkende warmtemotor gebaseerd op de Carnot-cyclus wordt gekenmerkt door het volgende p-V diagram.

De temperaturen van de bovenste en onderste isotherm zijn aangegeven.

Schematisch kan de warmtemotor als volgt worden weergegeven:



a) Bereken het rendement

In werkelijkheid treden uiteraard allerlei niet-reversibele processen op. We beschouwen de invloed van één van de effecten, namelijk het warmtetransport Q_H naar de warmtemotor toe. We nemen aan dat deze warmte getransporteerd moet worden van het warmtereservoir met temperatuur $T_H (= 1200 \text{ K})$ door een stalen contactplaat, met dikte 5 mm en oppervlak 10 cm^2 . De warmtegeleidings-coëfficiënt k voor staal is 50 W/(Km) . De temperatuur Θ_H die bij de warmtemotor aankomt is hierdoor lager dan 1200 K.

b) Bereken Θ_H voor het geval dat $Q_H = 4000 \text{ W}$. Bereken ook het rendement en de geleverde arbeid W voor dit geval.

Als gevolg van dit warmtegeleidingseffect zal de geleverde arbeid W niet - zoals in het geïdealiseerde, volledig reversibele geval - recht evenredig met Q_H variëren.

c) Beredeneer het verband tussen W en Q_H en schets het verband in een grafiek (geef duidelijk assen en schaling aan!).

d) Bereken nu W als functie van Q_H . Schrijf hiertoe de relatie tussen T_H en Θ_H als:

$Q_H = a(T_H - \Theta_H)$, waarbij a dan uit te drukken is in k en de afmetingen van de stalen geleidingsplaat.

e) Bereken de maximaal leverbare arbeid, evenals het rendement bij die instelling.