

**Tentamen Milieufysica**  
19 april 2006, 14.00-17.00 uur

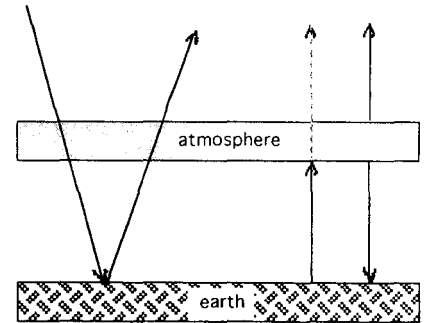
Vermeld (duidelijk!) naam, adres, geboortedatum, studienummer en studierichting op het 1<sup>e</sup> vel papier; op ieder volgend vel uw naam.

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

**Gebruik voor ieder vraagstuk een apart vel papier!**

**Opgave 1. Stralingsbalans (25 punten)**

We beschouwen een uiterst simpel stralingsbalansmodel in evenwicht, waarbij twee lagen onderscheiden worden: Aardoppervlak en atmosfeer. De atmosfeer is volledig transparant voor kortgolvlige straling. Het aardoppervlak heeft albedo  $\alpha$  voor kortgolvlige straling, en is een compleet zwarte straler (en dus ook absorber) voor langgolvlige straling. De atmosfeer is niet volledig "zwart" voor langgolvlige straling, maar heeft een eindige emissiviteit  $\epsilon < 1$ .



(a) Geef de uitdrukking voor de temperatuur van het aardoppervlak  $T_s$  als functie van  $\alpha$ ,  $\epsilon$  en de zonne-instraling  $S$ . (Hierbij kiezen we  $S$  als het effectieve vermogen van de zonnestraling per  $m^2$  en vermijden dus de factor 4). Aanwijzing: de atmosfeer met emissiviteit  $\epsilon$  heeft als gevolg dat de eigen straling van de atmosfeer met de factor  $\epsilon$  moet worden vermenigvuldigd, en dat er een fractie  $(1-\epsilon)$  van de oppervlaktestraling door de atmosfeer heen komt, dit is de gestippelde lijn in het plaatje.

(b) De manier om in dit zeer simpele model de toename van broeikasgassen op te nemen is gelegen in de emissiviteit. Leg dit uit.

(c) Bereken de  $T_s$  m.b.v. de uitdrukking uit (a) voor de volgende gevallen:  $S=340 \text{ W/m}^2$ ,  $\alpha = 0.1$ , en  $\epsilon=0.8$ . Geef deze temperatuur tot op 0,01 graad nauwkeurig. (De waarde van de constante van Stefan-Boltzmann,  $\sigma$ , =  $5.67 \times 10^{-8} \text{ W/(m}^2\text{K)}$ )

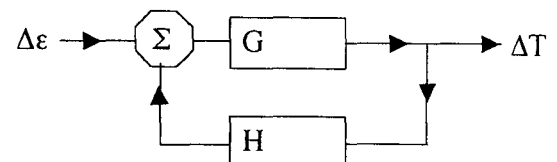
Beschouw nu de mogelijkheid dat dit systeem teruggekoppeld zou zijn: de waarde van  $\alpha$  hangt van de temperatuur van het aardoppervlak af.

(d) Geef minstens twee voorbeelden hoe deze terugkoppeling in de praktijk tot stand zou kunnen komen.

Voor de eenvoud van het rekenwerk beschrijven we de terugkoppeling in  $\alpha$  als functie van de emissiviteit. We nemen aan (voor  $\epsilon$  tussen 0.6 en 1):  $\alpha = 0.1 + (\epsilon - 0.8)/2$

(e) Bereken  $T_s$  voor het geval dat  $\epsilon$  naar 0.85 stijgt, en voor zowel de constante, als de "teruggekoppelde" waarde van  $\alpha$ . Geef  $T$  ook weer tot op 0,01 graad nauwkeurig.

Teruggekoppelde systemen laten zich in principe door het volgende schema voorstellen, waarbij  $G$  de "open loop" versterking is, en  $H$  de terugkoppelfactor:



(f) Geef voor het voorgaande geval, namelijk de verandering van  $\epsilon$  van 0.8 naar 0.85 en de bijbehorende verandering van  $\alpha$ , de waarden voor  $G$  en  $H$ , zoals deze (in goede benadering) volgen uit de berekende waarden bij (c) en (e). (Als u deze waarden niet allemaal het kunnen vinden ga dan voor dit vraagstuk uit van respectievelijk 317, 321 en 320 Kelvin. Dit zijn overigens niet de juiste waarden).

## Opgave 2. Ontwerp van een kritische kernreactor (20 punten)

Gebruik voor ieder vraagstuk een apart vel papier!

- (a) Geef de kernsplijtingsreactie voor het opwekken van energie in een Licht Water Reactor. Hoeveel nieuwe  $n^0$  komen er gemiddeld vrij bij een kernsplijtingsreactie?
- (b) De kernsplijtingsreactie wordt ook wel kettingreactie genoemd. Hoe houdt dit verband met de 4 factoren formule? Ga in op de 4 verschillende factoren.

Stel: Een oneindig grote reactor bestaat uit een homogeen mengsel van  $^{235}\text{U}$  en moderator. De absorptie cross-sectionies van waterstof, deuterium, zuurstof en  $^{235}\text{U}$  zijn resp.  $\sigma_c(\text{H}) = 0.333$  barn,  $\sigma_c(\text{D}) = 0.53$  mbarn,  $\sigma_c(\text{O}) = 0.19$  mbarn en  $\sigma_c(^{235}\text{U}) = 100$  barn.

De splijtings cross-sectie van  $^{235}\text{U}$  is  $\sigma_f(^{235}\text{U}) = 587$  barn.

Neem aan dat  $\epsilon = p = 1$ . Gebruik voor  $v$  het antwoord bij vraag a), en voor  $f$ :

$$f = \frac{N(^{235}\text{U}) \cdot [\sigma_f(^{235}\text{U}) + \sigma_c(^{235}\text{U})]}{N(^{235}\text{U}) \cdot [\sigma_f(^{235}\text{U}) + \sigma_c(^{235}\text{U})] + N_{\text{mod}} \cdot \sigma_c(\text{mod})}$$

- (c) Bepaal de brandstof-moderator verhouding ( $N_{\text{fuel}}/N_{\text{mod}}$ ) waarbij deze reactor kritisch is voor de volgende moderatoren:
- c1) licht water  
c2) zwaar water
- (d) Wat verwacht u kwalitatief als uitkomst bij vraag c1) en c2)? Klopt dit met de berekende uitkomst?

## Opgave 3. Geluid (20 punten)

Gebruik voor ieder vraagstuk een apart vel papier!

Gegeven is:

- $L_I = 10 \cdot \log(I/I_{\text{ref}})$ ,  $I_{\text{ref}} = 1 \text{ pW/m}^2$
- $L_W = 10 \cdot \log(W/W_{\text{ref}})$ ,  $W_{\text{ref}} = 1 \text{ pW}$
- $L_p = 10 \cdot \log(p^2/p_{\text{ref}}^2)$ ,  $p_{\text{ref}} = 20 \text{ }\mu\text{Pa}$
- Lucht van 290 K, 1 bar:  $\rho_o = 1,25 \text{ kg/m}^3$ ,  $c = 330 \text{ m/s}$

In een bedrijfshal worden metalen vormen gestanst. Bij het slaan van een vorm treedt een geluidspuls op met een maximum geluidsdrumniveau van 95 dB en een frequentie van rond 100 Hz.

- (a) Wat is de maximum geluidsdruk tijdens een puls?

De pulsen vallen via de lucht op een massieve, enkelsteens buitenmuur met een massa  $m''$  van  $200 \text{ kg/m}^2$ . Bij een muur kan berekend worden dat de geluidsdruk  $p_t$  van de doorgelaten geluidsgolf een fractie  $1/\sqrt{1+(\omega m''/2\rho_o c)^2}$  is van de opvallende geluidsdruk  $p_i$  (mits de frequentie niet te hoog is, waaraan hier is voldaan).

- (b) Bereken de geluidsdruk en het geluidsdrumniveau van de pulsen aan de buitenzijde van de muur.

Buiten de bedrijfshal is het geluid een zich vrij voortplantende golf waarvan het geluidsintensiteitsniveau gelijk kan worden gesteld aan het geluidsdrumniveau. Het totale uitgestraalde geluidsvermogen van de muur (10 m breedte, 5 m hoogte) kan worden berekend uit de geluidsintensiteit nabij de muur.

- (c) Wat is het geluidsvermogen en het geluidsvermogensniveau van de muur? (vervolg volgend blad>>>)

Op grotere afstand kan de gehele muur als een puntbron worden opgevat (ter plaatse van het midden van de muur). Het geluidsdrukkniveau op de gevel van een woning op 30 m afstand van de muur wordt berekend op grond van alleen de verzwakking door uitbreiding van het geluid over een halve bol (= ruimte boven de grond) beschouwd; de absorptie is op deze afstand verwaarloosbaar.

- (d) Vanaf ongeveer welke afstand kan een muur als puntbron worden beschouwd?
- (e) Bereken het geluidsdrukkniveau ter plaatse van de gevel tengevolge van het stansen in de bedrijfshal. Betreft dit een maximum of gemiddeld niveau?
- (f) Verwacht je dat dit geluidsniveau voldoende laag of juist onaanvaardbaar hoog is?

#### **Opgave 4. Ozon en UV-transmissie (15 punten)**

**Gebruik voor ieder vraagstuk een apart vel papier!**

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

$\epsilon$  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 zonnentijd voor het pad door de atmosfeer:  $OD = 4,0$ . (De zon staat dan  $60^\circ$  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 10% afneemt.
- (c) om 5 uur 's middags (met de zon  $45^\circ$  aan de horizon).

#### **Opgave 5 Zonne-energie (10 punten)**

**Gebruik voor ieder vraagstuk een apart vel papier!**

We vergelijken een zonnecollector met een fotovoltaïsche zonnecel. De zonnecollector zet de energie van het zonlicht om in warmte met een rendement van 60%. Er wordt water mee verwarmd tot een temperatuur van  $85^\circ\text{C}$ . De zonnecel zet de energie van het zonlicht om in elektriciteit met een rendement van 10%.

Welke van de twee systemen is het beste geschikt voor:

- (a) Het leveren van warm water voor douche of cv ?
- (b) Het leveren van elektriciteit?

Motiveer uw antwoorden, en licht ze waar nodig met een berekening of schatting toe!