

# TENTAMEN KLIMAAT STRALING EN THERMODYNAMICA

29 juni 2015, 9.00 - 12.00 (3 hours)

---

## Opgave 1

Bij het meten van de aerosolconcentratie in een luchtsample wordt het sample tot verzadiging gebracht. De aerosol groeien uit tot druppels met een straal van  $8 \mu\text{m}$ . Het sample wordt dan bestraald met laserlicht met een golflengte van  $0.4 \mu\text{m}$ , de padlengte door het sample is 50 cm.

- Bereken de grootteparameter. Welk scattering regime geldt hier?
- Bereken de optische dikte bij een aerosolconcentratie van 1000 deeltjes per kubieke centimeter.
- Welk percentage van het licht wordt verstrooid?

## Opgave 2

Een luchtpakketje heeft een temperatuur van  $20^\circ\text{C}$  en een relative vochtigheid van 75%. Het pakketje koelt af in een isobaar proces.

- Bij welke temperatuur is het pakketje precies verzadigd?
- Bij welke temperatuur is de helft van het totaal aanwezige water gecondenseerd?
- Beantwoord a) opnieuw, maar nu indien het een *adiabatisch* proces betreft. Verklaar het verschil met a).
- Wordt het antwoord bij b) hoger of lager voor een adiabatisch proces? Kun je dit ook exact berekenen? Waarom wel/niet?

## Opgave 3

In de grenslaag en lagere troposfeer boven India en de Indische Oceaan bevinden zich grote hoeveelheden absorberend aerosol (roet, Eng: "soot"). Neem aan dat de dikte van de laag waarin het roet zich bevindt 3 kilometer is. De stralingsforcering van deze laag bedraagt  $28 \text{ W/m}^2$ .

- Wat is(zijn) de belangrijkste bron(nen) van roet in deze regio?
- In welk deel van het jaar komt de beschreven situatie voor, en waarom?
- Bereken de opwarming van de atmosfeer in K/dag. Ga uit van een daglengte van 12 uur en een luchtdichtheid van  $1 \text{ kg/m}^3$ .

## Opgave 4

- De globale stralingsforcering door de antropogene toename van aerosol is van dezelfde orde-grootte als die van de broeikasgassen, maar tegengesteld van teken. Als die twee forceringen elkaar (nagenoeg) opheffen, is er dan nog wel sprake van klimaatverandering? Waarom wel/niet?
- Een van de plannen bij geo-engineering betreft het uitstrooien van aerosolmateriaal in een wolkendeck. Verklaar hoe dit bij kan dragen aan het tegengaan van global warming.

### Opgave 5

Leg kort uit:

- de Chapman cyclus is niet van belang in de troposfeer;
- de temperatuur neemt af met de hoogte in de troposfeer;
- de opwarming van de stratosfeer door ozonvorming is geen adiabatisch proces;
- als de gemiddelde ozonconcentratie tussen 10 en 40 km hoogte  $2.5 \times 10^{12}$  moleculen/cm<sup>3</sup> bedraagt, dan is de dikte van de ozonlaag 280 DU;
- PSC's spelen een belangrijke rol in de afbraak van de ozonlaag boven Antarctica.
- De temperatuur in de stratosfeer neemt toe met de hoogte.
- De concentratie OH is lager in de stratosfeer dan in de troposfeer.

### Opgave 6

In de atmosfeer wordt CO gevormd door de oxidatie van methaan met OH, en CO wordt ook afgebroken door reactie met OH. Typische raten coëfficiënten (rate coefficients) voor deze reacties zijn:

$$k_{\text{CO}+\text{OH}} = 1.5 \cdot 10^{-13} \text{ cm}^3 \text{ molecule}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

$$k_{\text{CH}_4+\text{OH}} = 2.5 \cdot 10^{-15} \text{ cm}^3 \text{ molecule}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

De mengte verhoudingen van CH<sub>4</sub> en CO in de atmosfeer zijn

$$[\text{CH}_4] = 1800 \text{ ppb}$$

$$[\text{CO}] = 50 \text{ ppb in het zuidelijke halfrond en}$$

$$[\text{CO}] = 80 \text{ ppb in het noordelijke halfrond.}$$

Neem aan dat de oxidatie van 1 molecuul methaan leidt tot productie van 1 molecuul CO.

- Stel een ratenvergelijking (rate equation) op voor de verandering van de concentratie van CO
- Wat zijn de percentages van CO geproduceerd door CH<sub>4</sub> oxidatie (in foto-stationair evenwicht) van de totale hoeveelheid van deze gassen in het zuidelijke en in het noordelijke halfrond?
- Verklaar de verschillen in deze percentages kwalitatief.
- Wat is de levensduur van methaan te opzichte van oxidatie met OH als we een globaal gemiddelde concentratie van  $[\text{OH}] = 1.5 \cdot 10^6 \text{ molec cm}^{-3}$  aannemen?

### Opgave 7

**Deze opgave is optioneel! Je kunt extra punten scoren ter compensatie.**

Laaghangende bewolking speelt een belangrijke rol bij de stralingshuishouding van het oppervlak. Boven een smeltend gletsjeroppervlak komt het vaak voor, dat er een inversie aanwezig is en de wolkenbasis warmer is dan het oppervlak. Bij een bepaalde temperatuur van de wolkenbasis ( $T_w$ ) kan de netto langgolvlige stralingsflux aan het oppervlak positief worden. Bereken  $T_w$  voor het geval dat de emissiviteit van de wolk 0.85 is.