

Klimaatfysica en chemie (NS-255b)

9 november 2004

Opgave 1

N_2O (het broeikasgas nitreus oxide) komt in de atmosfeer door natuurlijke emissies uit de bodem en door antropogene processen zoals landbouw en industrie.

De afbraak van N_2O vindt plaats in de stratosfeer, door middel van de reactie:



Dit is een belangrijke bron van stratosferisch NO, één van de stoffen betrokken bij katalytische ozonafbraak.

Het $\text{O}({}^1\text{D})$ atoom ontstaat door:



en kan ook reageren volgens:



met k_j , J en k_2 als reactiesnelheden voor (1), (2) en (3).

- Geef uitdrukkingen voor de chemische productie- en verliestermen van $\text{O}({}^1\text{D})$. Leg uit waarom de reactie van $\text{O}({}^1\text{D})$ met N_2O niet belangrijk is in de troposfeer.
- Leid een formule af voor de steady state concentratie van $\text{O}({}^1\text{D})$. Onder welke aanname geldt deze?
- De huidige concentratie N_2O in de atmosfeer is 315 ppb, terwijl dit vóór de industriële revolutie ongeveer 265 ppb was. Op welke manier(-en) kan deze stijging de ozonlaag beïnvloeden?

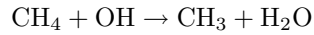
Opgave 2

CFC-12 wordt fotochemisch afgebroken in de stratosfeer, en heeft een levensduur in de atmosfeer van 100 jaar. De totale massa m van CFC-12 in 1989 bedroeg $1.0 \cdot 10^{10}$ kg, en de emissie was $E = 4 \cdot 10^8$ kg/jaar.

- Beschouw een scenario waarin de emissies constant blijven van 1989 tot aan 1996, en bereken de atmosferische massa van CFC-12 in 1996.
- Volgens het Montreal protocol en bijbehorende amendementen werd de productie van CFC-12 vanaf 1996 stopgezet. Beschouw een scenario waarin de emissies constant blijven van 1989 tot aan 1996, en vanaf 1996 tot nul gereduceerd worden. Bereken de massa van CFC-12 in de atmosfeer voor de jaren 2050 en 2100, en vergelijk met de massa in 1989.
- Beschouw een scenario waarin de emissies constant zijn tussen 1989 en 2006, en pas vanaf 2006 stoppen. Bereken de atmosferische massa van CFC-12 in de atmosfeer voor de jaren 2050 en 2100 en becommentarieer kort het gevolg van dit uitstel.

Opgave 3

Methaan, CH_4 , heeft een levensduur van ca. 10 jaar en een groot deel bereikt dus de stratosfeer. Door menselijke activiteiten is methaan sterk toegenomen, en vanwege de belangrijkste afbraakreactie:



geldt dit ook voor de concentratie van waterdamp in de stratosfeer. Leg uit wat de invloed hiervan is op het verwachte herstel van de ozonlaag als gevolg van de stopzetting van CFK emissies.

Opgave 4

Een planeet-atmosfeer-systeem kan vereenvoudigd weergegeven worden met een enkele atmosfeerlaag boven het oppervlak, en de volgende eigenschappen: het albedo van het oppervlak voor zonlicht is r_s , en het oppervlak absorbeert alle langgolvlige straling volledig; in de atmosfeer vindt géén scattering plaats (dus het albedo van de atmosfeer zelf is 0); de transmissiviteit van de atmosfeer is τ_s voor zonlicht en τ_a voor langgolvlige straling. De gemiddelde zonne-instraling is Q .

- a) Laat zien dat de oppervlaktetemperatuur T_g gegeven wordt door:

$$\sigma T_g^4 = Q \left[\frac{1 + \tau_s}{1 + \tau_a} \right] (1 - \tau_s r_s)$$

- b) Laat, gebruikmakend van bovenstaande formule, zien dat bij bepaalde keuzes van de parameters r en τ , oppervlaktetemperaturen groter dan en kleiner dan de evenwichtstemperatuur mogelijk zijn.