

Klimaatfysica en chemie (NS-255b)

31 januari 2006

Opgave 1. Troposferisch ozon

De lucht in een stedelijke omgeving bevat 100 ppbv NO_x en 100 ppbv ozon, bij $T = 298 \text{ K}$ en $p = 1000 \text{ hPa}$.

- Reken de concentraties van NO_x en O_3 om naar moleculen/ cm^{-3} . Het getal van Avogadro = $6.022 \cdot 10^{23}$ moleculen/mol.
- Bereken de steady-state concentraties voor NO en NO_2 gebaseerd op de reacties



met $k_1 = 1.8 \cdot 10^{-14} \text{ cm}^3 \text{ molecule}^{-1} \text{ s}^{-1}$ en $k_2 = 1.0 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$ (12 uur 's middags).

- Hoe varieert de $[\text{NO}_2]/[\text{NO}_x]$ verhouding gedurende de dag?
- Hoe wordt deze verhouding beïnvloed door de aanwezigheid van peroxy-radicalen?

Opgave 2. Isotoop fractionering van N_2O

Onderzoekers voeren lab-experimenten uit om de isotoopeffecten van de fotodissociatie van N_2O te bepalen. Ze beginnen met een concentratie van 5 ppm N_2O en laten de reactie doorgaan tot de concentratie gezakt is naar 2 ppm. Ze vinden een isotoop verrijking ("isotoop enrichment") van $\delta^{15}\text{N} = 34\%$ ten opzichte van de beginsituatie.

- Bereken de isotoop fractionerings-constante .
- Hoe groot is $\delta^{15}\text{N}$ wanneer er 4, 3 en 1 ppm N_2O over is?
- Het duurt 12 uur voordat 2 ppm N_2O is bereikt. Bereken de fotodissociatie-constante van N_2O . Wat is de reactieconstante voor het N_2O dat ^{13}N bevat?

Opgave 3

- Sinds de Industriële Revolutie zijn de hoeveelheden van een aantal atmosferische componenten sterk toegenomen. Verklaar waarom de globaal en jaarlijks gemiddelde stralingsforcering die het gevolg is van de toename van kooldioxide en methaan veel nauwkeuriger bekend is dan de stralingsforcering door toename van atmosferisch aerosol.
- 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?

Opgave 4. Methyl chloroform (CH_3CCl_3)

Tussen 1980 en 1990 nam de atmosferische concentratie van methyl chloroform (MCF, CH_3CCl_3) toe van 90 pptv naar 130 pptv. MCF emissies werden stopgezet als gevolg van het Montreal Protocol. Daarna nam de MCF concentratie gestaag af tot ~ 100 pptv in 1996, ~ 40 pptv in 2001 en ~ 20 pptv in 2005.

- Bereken de totale massa MCF die de atmosfeer in 1980 bevatte (in $\text{Gg} = 10^9$ g), en het verschil tussen de MCF bronnen en sinks in de periode tussen 1980 en 1990 (Gg/jaar). De molmassa van MCF is 133.5 g/mol, de molecuulmassa en totale massa van de atmosfeer zijn respectievelijk 29 g/mol en $5.1 \cdot 10^{21}$ g.
- Neem aan dat er geen MCF emissies waren tussen 1996 en 2005. Bereken de atmosferische levensduur van MCF.
- Het belangrijkste verwijderingsmechanisme voor MCF is reactie met OH. Schat de reactieconstante voor de reactie $\text{MCF} + \text{OH}$. Gebruik én je antwoord bij b), én een globaal gemiddelde OH concentratie van 106 moleculen/ cm^3 .
- Waarom is het moeilijk om een globaal gemiddelde reactieconstante uit metingen te bepalen?
- Waarom werden MCF emissies onder het Montreal Protocol verboden?

Opgave 5. Bonusopgave

Onze kennis van atmosferische chemie en fysica kan ook toegepast worden op andere atmosferen. In deze opgave kijken we naar Pluto. De gemiddelde afstand van Pluto tot de zon is 39.5 AU (astronomical units). De excentriciteit van de omloopbaan is relatief groot, ~ 0.25 , en de afstand zon – Pluto varieert van 29.7 AU tijdens perihelion tot 49.5 AU tijdens aphelion. De emissietemperatuur van Pluto daarbij is respectievelijk 45 K en 35 K. Pluto's atmosfeer bestaat voor ca. 30% uit methaan, dat een smeltpunt heeft van -182° C. De rest is stikstof.

Lees de volgende zin aandachtig en leg hem uit: “Another question is to what extent Pluto's atmosphere might be collapsing as it recedes from the Sun (passing perihelion in 1989 in its 248-year orbital period), owing to the extreme sensitivity of the equilibrium surface pressure to the surface temperature.” (*bron*: Nature, 424, 165 – 168, 2003).