

Atmosfeerfysica en -chemie

Inleiding tot de wetenschappen van
de atmosfeer, opgebouwd in een
reeks van 8 lessen.

**Lesmateriaal
+ oefeningen**

Belgium



Doelgroep

Basis

K

1

2

3

4

5

6

Secundair

1

2

3

4

5

6

Uitgave

Augustus 2020

Cursus kenmerken

Samenvatting Deze reeks presentaties is bedoeld als een inleiding tot de wetenschappen van de atmosfeer. Basiskennis over het gedrag van gassen (i.e. de Universele Gaswet), het concept temperatuur en warmtetransport alsook elektromagnetische straling, atoom- en molecuulbouw en de chemische binding zijn gewenst.

- **Les 1:** Geschiedenis van het onderzoek
- **Les 2:** Lagen van de atmosfeer
- **Les 3:** Druk-, temperatuur- en dichtheidsgradiënten
- **Les 4:** Chemische samenstelling
- **Les 5:** Stralingseffecten
- **Les 6:** Meteorieten en terugkerende ruimteschepen
- **Les 7:** Elektromagnetisme
- **Les 8:** Planetaire atmosferen

Leeftijd doelgroep 16-18 jaar

Werkvorm demonstratie / groepswerk / practicum / excursie / les + oefeningen / zelfstudiepakket / hoekenwerk / huistaken / oefeningen

Vereiste lestijd Ongeveer 25-100 minuten per les (Staat bij elke les vermeld)

Eindtermen **LES 2**

Aardrijkskunde (3^e graad wetenschappen):

- A6, A22, S3, S6, S13

Fysica (2^e graad wetenschappen):

- W1, W2, F10, F11, F14, F16, F17, SET1, SET2, SET3, SET4, SET5, SET10

Fysica (3^e graad wetenschappen):

- F6, F7, SET1, SET2, SET3, SET4, SET5, SET9, SET12

Chemie (3^e graad wetenschappen):

- W4, SET4, SET5

Geschiedenis:

- HBA1, HBA3, HBA5

LES 3

Fysica (2^e graad wetenschappen):

- F16, F17, SET1, SET2, SET3, SET5, SET22, W1, W2

Fysica (3^e graad wetenschappen):

- F2, SET10

Chemie (3^e graad wetenschappen):

- W4

LES 4

Chemie (3^e graad wetenschappen):

- W4, C4, C5, SET3, SET15, SET18

LES 5

Fysica (3^e graad wetenschappen):

- F4, F5, F7, SET1, SET2, SET3, SET5, SET6, SET8, SET12, SET20

Aardrijkskunde (3^e graad wetenschappen):

- S9

LES 6

Fysica (3^e graad wetenschappen):

- F2, SET10

Aardrijkskunde (3^e graad wetenschappen):

- A18, A31

LES 7

Fysica (3^e graad wetenschappen):

- F6, F7, SET1, SET2, SET3, SET5, SET12, B16

Aardrijkskunde (3^e graad wetenschappen):

- S9

Chemie (3^e graad wetenschappen):

- C4, C5, SET13, SET15, SET18

LES 8

Fysica (2^e graad wetenschappen):

- F17, W1, W2, SET22

Aardrijkskunde (3^e graad wetenschappen):

- A6, A22, S3, S6, S9, S13

Chemie (3^e graad wetenschappen):

- C4, C5, W4, SET3, SET15, SET18

Colofon

Uitgave Augustus 2020

Laatste update Augustus 2020

Gebruik en beschikbaarheid Dit materiaal mag gratis gebruikt worden voor niet-commerciële, educatieve doeleinden. Wie fragmenten eruit overneemt dient de bron te vermelden. Het lesmateriaal kan gedownload worden op www.esero.be > nederlandstalig > lesmateriaal

Auteurs en partners

Sint-Pieterscollege

- Auteur van dit lespakket: Erik de Schrijver

ESERO Belgium

- Vormgeving van dit lespakket voor gebruik in het Vlaamse onderwijs
- Medewerkers: Prof. Dr. Katrien Kolenberg (KU Leuven, UAntwerpen, VUB), Andreas Van den Bergh, Evelien Urkens (Masterstudente UAntwerpen)

ESA

Feedback Cursussen van ESERO Belgium worden online aangeboden in dynamische vorm. Dit betekent dat elke zinvolle feedback van gebruikers onmiddellijk leidt tot de publicatie van een aangepaste uitgave op www.esero.be. Help toekomstige gebruikers door uw opmerkingen of aanvullingen per email op te sturen (www.esero.be > contact).

Inhoud van dit lespakket

Les 1: Geschiedenis van het onderzoek

Van onbemande papieren ballonnen in Frankrijk tot de eerste bemande stratosfeervluchten in België: "Het begin van het atmosferisch onderzoek."

Deze les is facultatief, ze verschaft wat achtergrondinformatie. Ze is niet bedoeld om de leerlingen wetenschappelijke kennis bij te brengen, en kan dus gerust achterwege gelaten worden als er gebrek aan tijd is.

Vereiste lestijd: ongeveer 20 à 30 minuten.

Les 2: Lagen van de atmosfeer

Van de Troposfeer tot de Exosfeer: "Uit welke lagen bestaat de atmosfeer en hoe zijn deze gedefiniëerd?"

Deze les overloopt alle lagen van de Aardatmosfeer, hun grenzen, belangrijkste eigenschappen en fenomenen. Voor leerlingen die meedoen met hands-on educatieve projecten (zoals Cansat of Asgard) heeft alleen het eerste deel, waarin de troposfeer en stratosfeer besproken worden, praktisch nut, aangezien er geen educatieve projecten zijn op dit leeftijdsniveau waarin de mesosfeer of hoger bereikt wordt.

De oefeningen vereisen kennis van het begrip mol, het getal van Avogadro, de strekte van de chemische binding en de energie van een foton of lichtdeeltje/lichtquantum.

Vereiste lestijd: ongeveer 100 minuten.

Les 3: Druk-, temperatuur- en dichtheidsgradiënten

P , T en ρ variëren met de hoogte: "Wat is de rol van breedtegraad en seizoenen daarin, en waarom? Welke meetproblemen kunnen zich voordoen?"

Deze les vergelijkt twee modellen, de isotherme atmosfeer en de Standaard Atmosfeer 1976. Voor de oefeningen is kennis van de Universele Gaswet vereist, alsook rekenen met de natuurlijke logaritme en de exponentiële functie. Indien integralen niet gekend zijn op het moment dat deze les wordt gegeven, kan de barometrische hoogteformule ook gewoon gegeven worden ipv. Afgeleid.

Vereiste lestijd: ongeveer 100 minuten.

Les 4: Chemische samenstelling

Distikstof en dizuurstof zijn algemeen gekend, maar welke andere gassen komen er nog voor, en hoe varieert hun abundantie met de hoogte (en waarom)?

Om de eenheden van concentratie te oefenen kan het nuttig zijn de definitie op te zoeken van 'Dobson units' die gebruikt worden in de figuur op slide 14.

(Wikipedia) Als extra oefeningen kan de omzetting gemaakt worden van een minority constituent van ppm naar V%. Ook de 'mixing ratio' uit slide 10 kan voor oefeningen gebruikt worden: $\text{mixing ratio} = \frac{\# \text{mol component}}{\# \text{mol(totaal)}}$.

Vereiste lestijd: ongeveer 50 minuten.

Les 5: Stralingseffecten

Van de selectieve absorptie van zonnestraling tot 'particle showers' veroorzaakt door kosmische straling. Wereldwijde radiocommunicatie door weerkaatsing van lange radiogolven tegen de ionosfeer.

Enige voorkennis omtrent het elektromagnetisch spectrum is hier vereist: de begrippen energie, golflengte en frequentie en hun onderling verband zijn gekend: $E = h \cdot f$ en $c = \lambda \cdot f$ ($E = \text{energie (J)}$, $h = \text{cste van Planck (J.s)}$, $f = \text{frequentie (Hz)}$, $c = \text{lichtsnelheid (m/s)}$ en $\lambda = \text{golflengte (m)}$).

Kennis van elementaire deeltjes, het bestaan van positronen (gezien bij radioactief verval?), spectroscopie en detectiemethodes in stralingsfysica zijn aan te bevelen (tenzij deze les gebruikt wordt als inleiding tot of ondersteuning bij deze onderwerpen).

Overleg tussen de leerkrachten Fysica en Chemie is zeker aanbevolen.

Vereiste lestijd: ongeveer 100 minuten.

Les 6: Meteorieten en terugkerende ruimteschepen

Parameters die de opwarming van een meteor of terugkerend ruimteschip bepalen: snelheid, 'angle of attack' en ballistische coëfficiënt.

Het eerste deel van de les over meteorieten sluit aan bij het leerplan aardrijkskunde voor het 5e jaar. Het tweede deel past eerder binnen het kader van de lessen Fysica in het 6e jaar, waar het gebruikt kan worden als een mooie uitbreiding op het leerstofonderdeel over wrijving.

Vereiste lestijd: ongeveer 100 minuten.

Les 7: Electromagnetisme

Geladen deeltjes bombarderen de atmosfeer, veroorzaken elektrische stromen in de ionosfeer en poollicht op hoge breedtegraden.

De lesdelen over elektrisch en magnetisch veld van de aarde kunnen in het 5e jaar gebruikt worden als illustratie van de begrippen elektrisch en magnetisch veld. Voor de leerlingen die in de lessen wiskunde de Fourieranalyse/synthese gezien hebben kan de link gelegd worden met de sferische harmonischen als bouwstenen van een 3-dimensionale Fourier synthese, net zoals de sinus of cosinusfunctie gebruikt wordt als bouwsteen van een lineaire Fourier synthese. Het derde deel van de les kan gebruikt worden als inleiding tot het radioamateurschap.

(Tip: vele radioclubs zijn best bereid om iemand naar de klas te sturen om te spreken over deze hobby).

Vereiste lestijd: ongeveer 100 minuten.

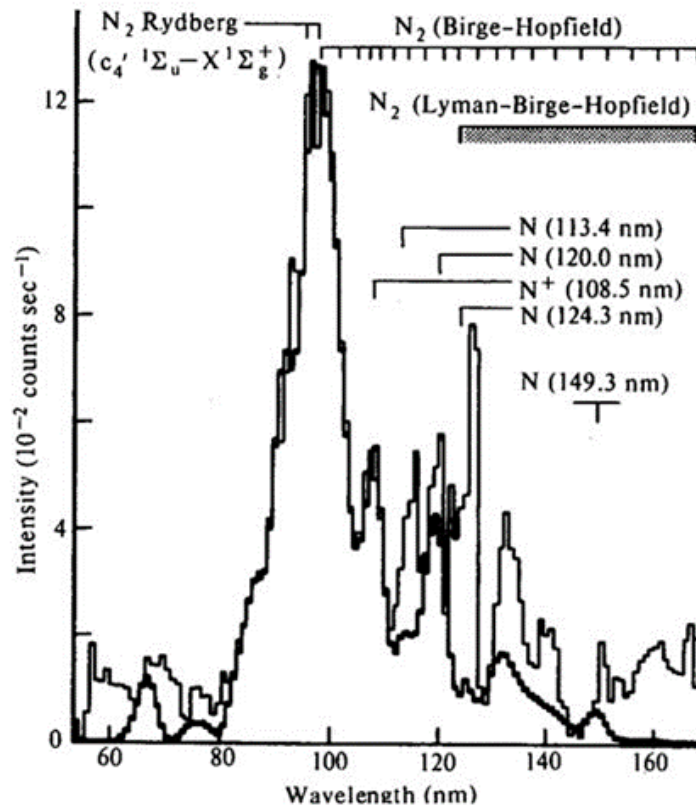
Les 8: Planetaire atmosferen

Vergelijking van de aardatmosfeer met de lagen en chemische samenstelling van andere atmosferen in het zonnestelsel: Venus, Mars, Jupiter, Saturnus en Titan.

Deze les overloopt de belangrijkste kenmerken van de atmosferen van Venus en Mars (de twee aardachtige planeten die net als de Aarde een significante atmosfeer hebben), maar ook (in het facultatieve 2e deel) de atmosferen van Jupiter (een gasreus) en Titan (een maan van Saturnus, groter dan Mercurius), twee objecten uit de koudere buitenregionen van het zonnestelsel. Er is aandacht voor het gebruik van eenvoudige wiskundige modellen (Universele Gaswet, Stralingsmodel voor zwarte lichamen) om op z'n minst ruwe schattingen te bekomen voor belangrijke parameters: massadichtheid, temperatuur, ...

Opmerking: In het IR spectrum van de Aarde vallen naast CO_2 ook O_3 en H_2O lijnen op, maar geen spoor van N_2 en O_2 , nochtans de hoofdbestanddelen. De reden ligt in de beperkte efficiëntie van absorptie&emissie door deze gassen in dit energiebereik. Stikstofgas bvb. kan beter in het UV worden waargenomen, met een duidelijke lijn op $\pm 100nm$. Zie volgende figuur:

Titan's emission spectra in the ultraviolet



(Tip: Reken op meer benodigde lestijd indien de leerlingen niet echt vertrouwd zijn met de Universele gaswet of de formule voor hydrostatische druk. De aanvulling is facultatief.)

Vereiste lestijd: ongeveer 100 minuten.

Belangrijke formules voor oefeningen

$$E = h \cdot f$$

Waarbij E = energie (J), h = constante van Planck (Js)
en f = frequentie (Hz).

$$c = \lambda \cdot f$$

Waarbij c = lichtsnelheid (m/s), λ = golflengte (m)
en f = frequentie (Hz).

$$E = N_a \cdot E_0$$

Waarbij E = bindingsenergie (J/mol), N_a = getal van Avogadro en E_0 = bindingsenergie van één binding (J).

$$M = n \cdot M_m$$

Waarbij de massa van een zuivere stof = #mol · molaire massa

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Dit is de universele gaswet waarbij: P = druk (Pa), V = volume (m^3), n = #mol (-),
 R = universele gasconstante = $8.314 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$ en T = temperatuur (K)

$$V\% = V_{stof} / V_{totaal} \cdot 100$$

$$M\% = M_{stof} / M_{totaal} \cdot 100$$

$$\rho = m/V$$

Waarbij ρ = massadichtheid (kg/m^3), m = massa (kg) en V = volume (m^3)

$$P = \rho \cdot h \cdot g$$

Waarbij P = druk (Pa), ρ = massadichtheid (kg/m^3), V = volume (m^3)

$$\Phi = \sigma \cdot T^4$$

Waarbij Φ = stralingsflux (W/m^2), T = temperatuur (K) en
 σ = constante van Stefan – Boltzmann = $5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$

De leerlingen mogen een Periodiek systeem gebruiken om de molecuulmassa's te bepalen, evt. Kunnen deze ook gegeven worden.