

EEN NIEUWE IJSTIJD De *non-believers* (zo worden mensen genoemd die twifelen aan de opwarming van de aarde, in het Nederlands ‘niet-gelovers’) voorspellen dat de opwarming van de aarde niets meer is dan de voorbode van een nieuwe ijstijd. Als die er toch aankomt, waar maken we ons dan zorgen over? Maar die nieuwe ijstijd wordt pas over vele duizenden jaren verwacht. Daarop wachten voor afkoeling is uitzichtloos. En om de gevolgen van het broeikaseffect recht te trekken, komt die ijstijd veel te laat.



Quiz

Wat weet jij over de geschiedenis van het klimaat?

Wat was typisch voor de kleine ijstijd?

- A) De mensen waren toen kleiner dan wij
- B) Er doken opnieuw mammoets op in dunbevolkte gebieden
- C) Er waren gedurende enkele eeuwen af en toe uitzonderlijk strenge winters



Waarom kun je de huidige mens vergelijken met Klein Duimpje?

- A) We dragen in zekere zin de zevenmijlslaarzen van de reus
- B) We zijn misschien niet groot, maar meestal heel dapper
- C) Net zoals Klein Duimpje de jongste in zijn gezin is, zijn wij de jongste diersoort op aarde

2

Hoe kan de aarde op een broeikas lijken als er geen glas overheen zit?





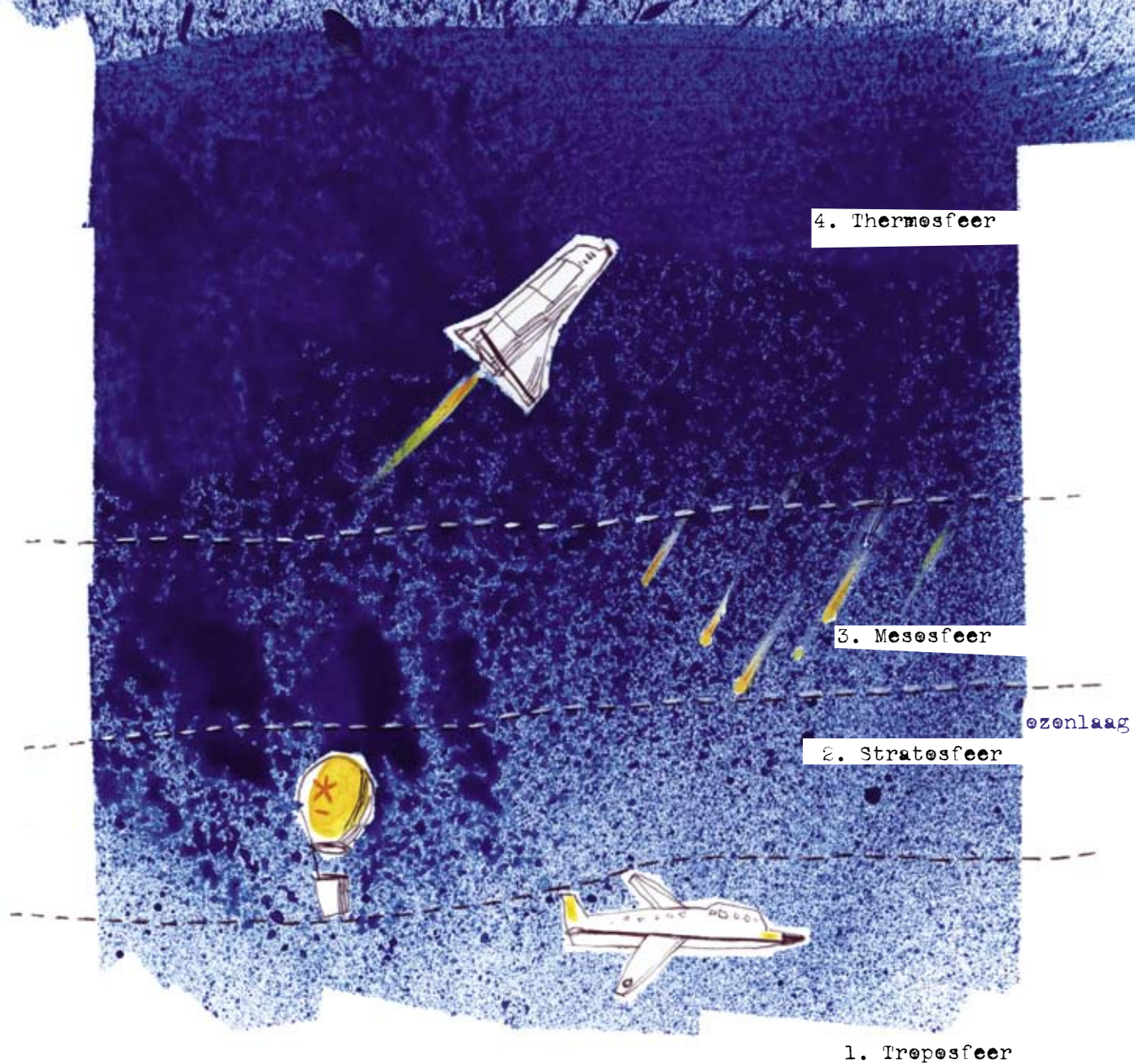
Een serre of broeikas is een glazen huisje. Logisch dus dat de warmte die er naar binnen stroomt, vast wordt gehouden. Maar over de aarde zit geen glazen koepel, en toch spreken we over het broeikaseffect. Er is inderdaad geen glas om de warmte vast te houden, maar wél een atmosfeer.

HET JASJE VAN DE AARDE: DE ATMOSFEER Als je de aarde vanuit de ruimte bekijkt, zie je een bol. Geen naakte biljartbal, maar een bol met een jas eromheen. Een jas die uit een paar dikke lagen bestaat en die we de atmosfeer noemen. Net zoals een jas ons beschermt, beschermt de atmosfeer de aarde en alles wat erop leeft. Zij zorgt ervoor dat het op aarde nooit te warm of te koud wordt en beschermt ons tegen gevaarlijke straling.

De eerste laag – de laag die het dichtst bij ons zit – is de *troposfeer*. Wij leven in de troposfeer, die ademen we in. Bij de grond is de troposfeer gemiddeld 17°C, maar hoe hoger we gaan, hoe kouder het wordt. In de wolken is het bijvoorbeeld al heel wat kouder. En helemaal stervenskoud is het waar vliegtuigen vliegen: soms op meer dan 10 kilometer hoogte, ver boven de wolken. De troposfeer is ongeveer 13 kilometer dik – zij is dikker op de evenaar dan op de polen – en helemaal bovenaan kan het wel -52°C worden.

Rondom de troposfeer ligt de *stratosfeer*: een laag die zich 15 tot 40 kilometer boven het aardoppervlak bevindt. Het is er een stuk warmer dan in het bovenste stukje troposfeer en er zit behalve zuurstofgas ook heel wat ozon in. Misschien heb je nog nooit van de stratosfeer gehoord, maar van de *ozonlaag* vast wél. In dit stuk stratosfeer zit 90 procent van alle ozon die zich in de atmosfeer bevindt.

Boven de ozonlaag liggen de *mesosfeer* en de *thermosfeer*. Zij spelen niet direct een rol bij de opwarming van de aarde, dus laten we ze hier voor wat ze zijn: twee mooie lagen die het jasje van de aarde compleet maken.



NIETS NIEUWS ONDER DE ZON: JOSEPH FOURIER, DE ONTDEKKER VAN HET BROEIKASEFFECT

Voor alle duidelijkheid: het broeikaseffect is niet nieuw. Het bestaat al miljoenen jaren, al bijna net zolang als onze atmosfeer bestaat. Maar pas in de negentiende eeuw ontdekte een wetenschapper het verschijnsel. Joseph Fourier (1768-1830), een Franse wis- en natuurkundige, ontdekte in 1824 dat de temperatuur van de aarde voor een groot deel wordt bepaald door de straling die de aarde zélf uitzendt.

DE SLIMME VOORSPELLINGEN VAN SVANTE ARRHENIUS Volgens Svante Arrhenius (1859-1927), een Zweeds chemicus, zorgde de hoeveelheid broeikasgassen ervoor dat de temperatuur op aarde steeg of daalde. Arrhenius was zijn tijd ver vooruit: de temperatuurstijgingen die hij voorspelde, liggen erg dicht bij wat wetenschappers vandaag vertellen. Alleen dacht hij dat het drieduizend jaar zou duren voordat de hoeveelheid broeikasgassen in de atmosfeer zou verdubbelen. Nu denkt men dat we daar amper honderd jaar voor nodig hebben.

WAT ZIE JE ER STRALEND UIT! HEB JE HET ZO WARM? Voorwerpen die warm worden, stralen die warmte ook uit. Dat voel je als je een hand op de radiator legt of in de buurt van een fornuis of een strijkijzer komt. Een voorwerp dat erg warm wordt – ‘gloeïend heet’ zeggen we dan – begint ook echt te gloeien. Het licht van een gloeilamp komt bijvoorbeeld puur door warmte: door de gloeidraad – die bestaat uit de chemische stof wolfram – wordt het in zo’n gloeilamp wel 3000°C en daardoor licht ze op.

Misschien heb je ooit gezien hoe ijzererts wordt gesmolten: zodra de massa 1500°C is, begint ze rood te gloeien. Je ziet de straling duidelijk.

De warmte van de zon is dus niet alleen voelbaar, maar ook zichtbaar. In de kern van de zon is het 15 miljoen graden. Wij zien alleen maar de oppervlakte, en die is nog altijd goed voor een graad of 6000.

Voorwerpen die minder warm zijn, hebben geen zichtbare straling, maar we vermoeden dat ook zij stralen uitzenden. Heel veel soorten straling – we spreken ook soms over golven – kun je namelijk niet zien. Denk maar aan de golven die een radiozender overal naartoe stuurt, of aan de golven die een magnetron gebruikt om warmte op te wekken.



experiment

DE GOLVEN VAN DE ZEE, MAAR DAN DROOG

Als je het kleurenschema hierboven bekijkt, zie je links radiogolven en rechts gammastraling. Wetenschappers hebben namelijk de lengte van golven kunnen meten. Als je de volgende keer een bad neemt, beweeg dan even heen en weer met je hand: je maakt golven. Afhankelijk van de snelheid van je bewegingen zullen de golven die je maakt, lang of kort zijn. Radiogolven zijn lang: drie tot zes meter. Dat kun je niet zien in je bad (en als je ruzie met je ouders wilt vermijden, kun je dat ook beter niet proberen). Ultraviolette stralen zijn ook golven, maar hun golflengte is korter. Om daar een idee van te krijgen moet je heel kleine, snelle bewegingen in het water maken. Leg maar vast een dweil klaar!





HOE KAN DE AARDE WARMTE UITSTRALEN? De stralen van de zon – dat zijn onder andere infrarood, zichtbaar en uv-licht – komen op de aarde terecht. Tenminste: gedeeltelijk. Want een deel ervan wordt onderweg weerkaatst door de wolken, buigt af en wordt zonder omweg via de aarde teruggestuurd naar de ruimte. Een ander deel wordt opgevangen door de wolken en zorgt daar voor warmte. En ongeveer de helft van alle stralen komt op aarde terecht.

De zon is 150 miljoen kilometer van de aarde verwijderd, maar het zonlicht doet er maar acht minuten over om ons te bereiken. Geen idee hoe snel dat is? Razendsnel! Als je dezelfde afstand met de auto aflegde, zou je met 120 kilometer per uur ongeveer 142 jaar nodig hebben.

Zodra de stralen de aarde bereiken, slorpen het land, het water en de troposfeer de stralen op en zetten die om in warmte. En al heel snel wordt die warmte de ruimte weer in gestuurd, in alle mogelijke richtingen. Die warmte is niet overal gelijk: bij de evenaar wordt bijvoorbeeld veel meer warmte verstuurd dan bij de polen. Maar ook waar veel plantengroei is, zal de hoeveelheid warmte die naar boven gaat, kleiner zijn dan waar geen begroeiing is.

Een deel van de energie – want warmte is energie – gaat heel snel terug naar de ruimte, maar een deel ervan wordt bijgehouden door de broeikasgassen – vooral door CO₂ of koolzuurgas – in de atmosfeer. Zij sturen een deel van die warmte terug naar de aarde. Daardoor is het op aarde een stuk warmer dan wanneer er géén broeikasgassen zouden zijn.

OVER INFRAROOD EN ULTRAVIOLET De zon stuurt infrarood- en ultraviolette stralen (uv-stralen) naar de aarde.

Infrarood betekent ‘onder rood’. Deze stralen zorgen voor warmte. Vroeger liet men mensen die spierpijn hadden, af en toe plaatsnemen onder een infraroodlamp. Hun spieren werden dan warmer en de pijn verminderde. Infraroodstralen bevinden zich net onder de kleur ‘rood’.

Rechts van de kleur violet staat de ultraviolette straling (*ultra* betekent boven). De gevolgen van dat licht zien we wel. Juist die straling zorgt ervoor dat we verbranden. Een beetje UV-licht is prima: het helpt ons lichaam bij de opname van vitamine D, en die zorgt onder andere voor sterke botten. Maar wie te lang en te veel in de zon zit, kan niet alleen verbranden, maar op langere termijn ook huidkanker krijgen. Bovendien krijgen fanatieke zoonanbidders ook veel sneller rimpels. Maar daar liggen jullie vast niet van wakker – nog niet!

ALLE KLEUREN VAN DE REGENBOOG Het licht dat we zien, is wit. Maar wit is de som van alle kleuren. Je kunt het eenvoudig uittesten: als je een kleurenschijf heel snel laat ronddraaien, zie je alleen nog maar wit. In zonlicht zitten alle kleuren van de regenboog, van rood tot violet. Op de afbeelding zie je links van de rode kleur de infraroodstraling, en rechts van de violette kleur de ultraviolette straling.

Soms kun je de kleuren, die samen wit licht vormen, ook apart bekijken: bijvoorbeeld in een – ja hoor! – regenboog. Op een rare dag in april misschien, wanneer de zon schijnt en het tegelijk regent. ‘Het is kermis in de hell!’ zegden de mensen vroeger. De waterdruppels vangen het licht van de zon op, breken het en buigen het om, en dan komen al die kleuren tevoorschijn. De kleuren verschillen van golflengte en worden dus elk op een andere manier gebroken. Hetzelfde zie je soms in een plasje olie op de weg of in prachtige, grote zeepbellen die in het licht van de zon de mooiste kleuren lijken te krijgen.

LEVE HET (NATUURLIJKE) BROEIKASEFFECT! Zijn we nou helemaal gek geworden? Dat broeikaseffect is juist verfoeilijk! Afschuwelijk! Weg ermee!

Momentje. Op zich mogen we ons gelukkig prijzen dat het broeikaseffect er is. Als onze atmosfeer de warmte niet netjes vast zou houden – want dat is het broeikaseffect – dan was het hier klapperlanden en rillen geblazen; -18°C zou het hier zijn. Een ramp voor alles en iedereen. Landbouw zouden we kunnen vergeten, want



bewerk maar eens een grond die zo hard als graniet is. Het leven op aarde zou vrijwel onmogelijk worden.

MET DANK AAN ONZE WELDOENERS De belangrijkste broeikasgassen die we dankbaar mogen zijn – voordat we er straks tegen in opstand komen – zijn de volgende:

- Waterdamp laat de temperatuur met 20 °C stijgen.
- Koolzuurgas of koolstofdioxide laat de temperatuur met 7 °C stijgen.
- Lachgas laat de temperatuur met 2 °C stijgen.
- Methaan laat de temperatuur met 1 °C stijgen.
- Ozon laat de temperatuur met 2 °C stijgen.

Alles bij elkaar zorgen deze gassen ervoor dat de temperatuur hier aangenaam en leefbaar is. Dat zou fijn zijn als er niet méér aan de hand was. Want door alle menselijke invloeden is er geen sprake meer van een normaal broeikaseffect. We hebben het nu over een *versterkt* broeikaseffect. En dat heeft zo zijn gevolgen.

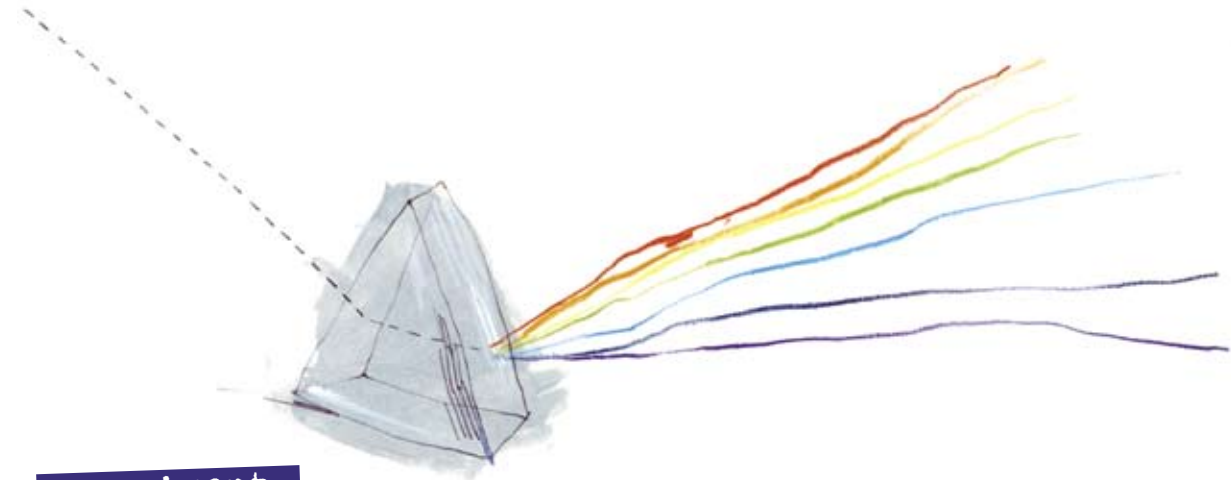
experiment

TEST ZELF HOE DE ATMOSFEER WERKT EN ZORG VOOR JE EIGEN BROEIKASEFFECT

Je kunt zelf op een heel eenvoudige manier nagaan hoe koud de aarde zou zijn zonder atmosfeer.

Dit heb je nodig: twee schuimrubberen bekertjes, twee thermometers, plasticfolie, een beetje vochtige aarde, een potlood en een plekje in de zon. Vul beide bekertjes half met vochtige aarde. Bedek een van de bekertjes met plasticfolie (dat is de atmosfeer). Boor met het potlood een gaatje in de twee bekertjes, net in het bovenste laagje aarde. Stop in elk van de gaatjes een thermometer, diep genoeg om de temperatuur te kunnen meten. Zet de bekertjes op een zonnige plek en wacht een halfuur. Zie je het verschil in temperatuur na die tijd?

ZIJN ER BEHALVE DE AARDE NOG MEER PLANETEN MET EEN BROEIKASEFFECT? Ja, en dat zie je meteen als je de temperaturen vergelijkt van de twee planeten die het dichtst bij de zon liggen. Op de tweede planeet vanaf de zon, Venus, is het 490 °C. Venus heeft een erg dichte atmosfeer met heel wat koolzuurgas. Het broeikaseffect is er dus nog veel sterker dan op aarde. Op Mercurius, de planeet die het dichtst bij de zon ligt, is het ‘slechts’ 430 °C. En dat komt dan weer doordat het nauwelijks een atmosfeer heeft.



experiment

MAAK ZELF EEN REGENBOOG

Dit is een heel simpel proefje. Wacht gewoon een zonnige dag af en sluit de tuinslang aan.

Zet de sproeier op de stand waarin hij de fijnste druppeltjes spuit. Ga nu met je rug naar de zon staan en spuit het water omhoog. En kijk, als alles goed gaat, zie je een regenboog verschijnen.

In de wetenschap gebruikt men om het licht te breken meestal een prisma: een doorzichtig voorwerp (van glas of plexiglas) met twee platte, snijdende vlakken. Het ziet eruit als een dikke driehoek.

Als je een witte lichtstraal op zo'n prisma richt, buigt die het licht af en verschijnen aan de andere kant alle kleuren van de regenboog.

