



Class Zero Emission

Experimenten rond klimaatverandering



Colofon



Het boek 'Experimenten rond klimaatverandering' werd gerealiseerd door de International Polar Foundation.

Niets uit deze uitgave mag worden gereproduceerd zonder voorafgaandelijke schriftelijke toestemming van de uitgever.

Verantwoordelijke uitgever: International Polar Foundation, Tweestationsstraat 120A, 1070 Brussel.

Dit **experimentenboek** is speciaal ontwikkeld voor leerlingen van de 3^e graad. A.d.h.v. dit boek kan u samen met u leerlingen op een actieve manier werken rond **klimaatverandering** en de rol die de **poolgebieden** spelen in het klimaatverhaal.

Gezien het transversaal karakter van de klimaatveranderingsproblematiek zijn de experimenten **vakoverschrijdend**, zowel leerstof uit de lessen chemie, fysica, biologie, aardrijkskunde als wiskunde komt aan bod. Daarnaast bieden ze ook de kans om leerlingen **onderzoekscapaciteiten** te laten verwerven.

Bij het uitwerken van deze experimenten werd uitgebreid rekening gehouden met de leerplannen. Ze kunnen met een minimum aan **eenvoudige** hulpmiddelen in elke klas uitgevoerd worden. Deze experimenten werden reeds uitvoerig uitgetest in de Klas Zero Emissie ruimte, waar de International Polar Foundation (IPF) gratis workshops organiseert voor leerlingen van 10 tot 18 jaar en studenten van de lerarenopleiding en navormingssessies voor leerkrachten.

De experimenten zijn opgebouwd rond **5 thema's** (zie tabel) en vertellen samen één verhaal (zie mindmap). Elk thema wordt ingeleid door een fiche met achtergrondinformatie, daarna volgt per experiment een beschrijvingsfiche, een werkblad en de antwoorden voor het werkblad.

Thema	Experiment	Doelstelling(en)
Stijging van het zeeniveau	Als het ijs smelt	Nagaan of landijs, zeeijs of beiden bijdragen tot de stijging van het zeeniveau.
	Als het water opwarmt	Nagaan of de opwarming van het water bijdraagt tot een zeeniveaustijging.
Albedo	Albedo en temperatuur	Het indirect meten van het albedo van verschillende substraten.
	Albedo en licht	Het direct meten van het albedo van verschillende substraten.
Thermohalienne circulatie	Densiteitsverschillen	Nagaan wat de invloed van de temperatuur en de saliniteit op de dichtheid van water is.
	Beweging van watermassa's	Observeren hoe verschillen in dichtheid watermassa's in beweging zetten.
Verzuring van de oceaan	Mag het wat zuurder?	Nagaan wat de invloed is van CO ₂ , geabsorbeerd door zeewater, op de pH van het water. Nagaan of het verzuringsproces sterker plaatsvindt aan de polen.
	Het lot van schelpdieren	Nagaan wat de invloed van de verzuring van water op kalkhoudende organismen is.
Paleoklimatologie	Sporen uit het verleden	Reconstructie van de temperatuur in het verleden a.d.h.v. de analyse van diatomeeënsoorten in een sedimentkern.



Voorwoord



Als extra informatie kunnen volgende pedagogische dossiers en digitale animaties aangewend worden, die terug te vinden zijn op de educatieve website van IPF, www.educapoles.org:

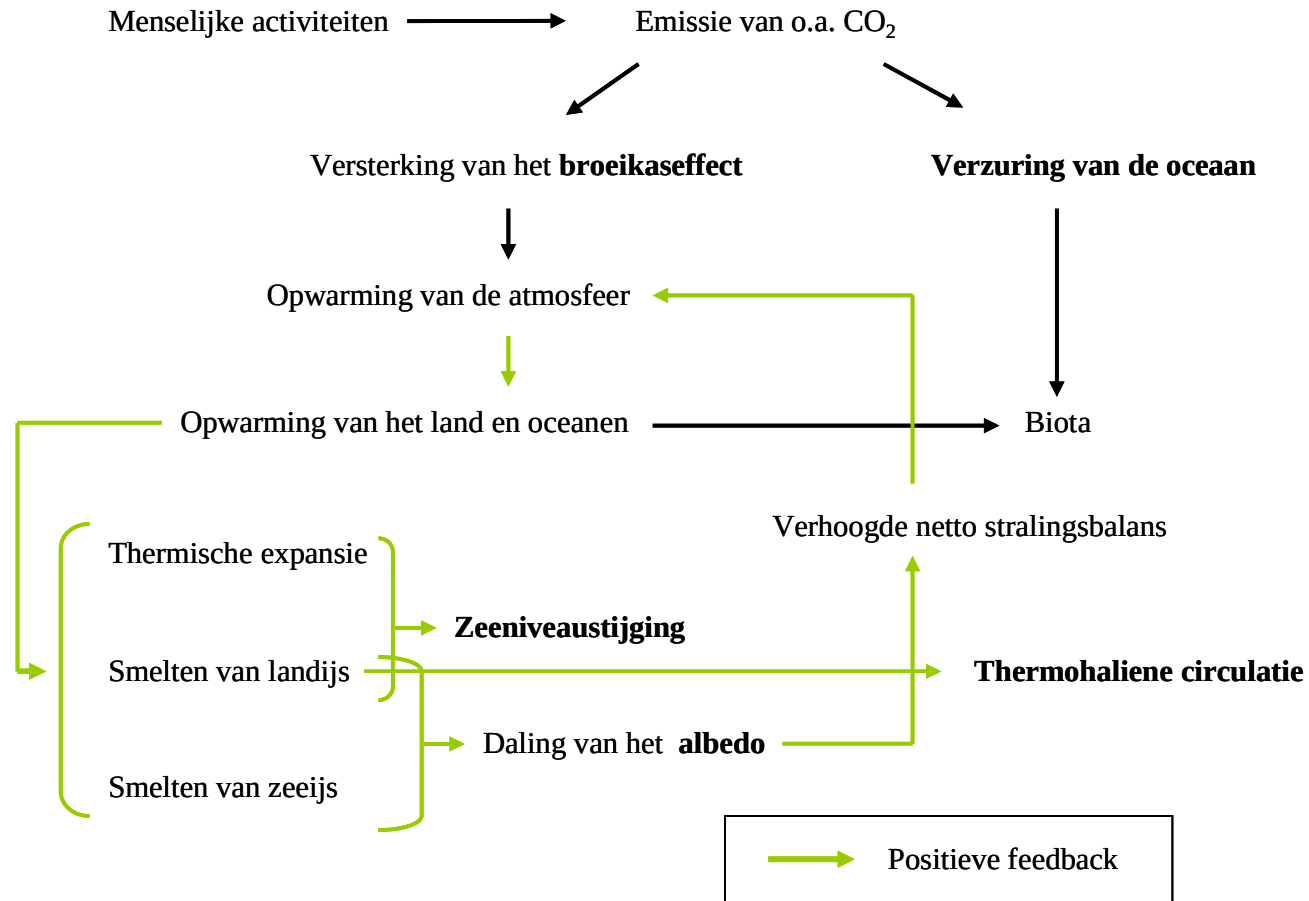
- pedagogisch dossier - 'Klimaatverandering (1/2): Wat weten we?'
- pedagogisch dossier - 'Klimaatverandering (2/2) : gevolgen voor de wereld en de poolgebieden'
- digitale animatie - 'De mens, slachtoffer en verantwoordelijke van de huidige klimaatverandering'
- digitale animatie - 'De poolgebieden, de eerste getroffen gebieden door klimaatverandering.'

Daarnaast kan u er ook links vinden naar andere websites waar u bijkomende informatie kan aantreffen.

Wij wensen jou en je leerlingen veel plezier!

Mindmap

Huidige klimaatverandering



Klimaatverandering in het verleden

Paleoclimatologie



Inhoudstafel



- Voorwoord	pg. 2
- Thema 1 : De stijging van het zeeniveau	pg. 6
o Achtergrondinformatie	
o Experiment 1 : Als het ijs smelt	
o Experiment 2 : Als het water opwarmt	
- Thema 2 : Albedo	pg. 18
o Achtergrondinformatie	
o Experiment 1 : Albedo en temperatuur	
o Experiment 2 : Albedo en licht	
- Thema 3 : Thermohaliene circulatie	pg. 34
o Achtergrondinformatie	
o Experiment 1 : Densiteitsverschillen	
o Experiment 2 : Beweging van watermassa's	
- Thema 4 : Verzuring van de oceaan	pg. 46
o Achtergrondinformatie	
o Experiment 1 : Mag het wat zuurder?	
o Experiment 2 : Het lot van schelpdieren	
- Thema 5 : Paleoklimatologie	pg. 59
o Achtergrondinformatie	
o Experiment 1 : Sporen uit het verleden	

Thema: Stijging zeeniveau

Achtergrondinformatiefiche

Vaak worden ze in één adem genoemd: broeikas effect en zeespiegel. Een warmere aarde leidt onherroepelijk tot een stijging van de zeespiegel. Uit metingen over de hele wereld blijkt dat de zeespiegel in de 20e eeuw 10 tot 20 cm is gestegen. Onderzoekers verwachten dat de zeespiegelstijging in de 21e eeuw en daarna nog meer zal zijn.

Welke twee processen bijdragen tot de stijging van het zeeniveau, zullen jullie zelf onderzoeken door het uitvoeren van experimenten.

Hierbij zijn volgende termen van belang:

Landijs

Landijs is ijs dat gevormd is door het **ophopen van sneeuw** gedurende meerdere honderdduizenden jaren. Deze sneeuw verandert in ijs onder de druk van haar eigen gewicht. Gletsjers en ijskappen zijn voorbeelden van landijs. Gletsjers zijn er op de hele aarde, ijskappen vooral op Antarctica en Groenland (figuur 1a).

Pakijs of zeeijs

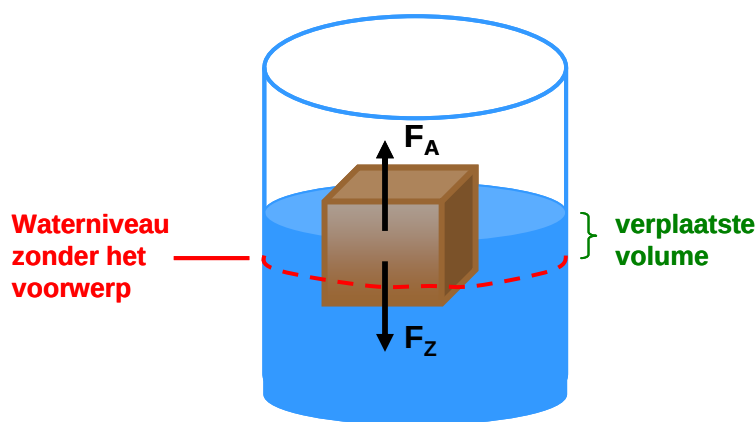
Pakijs wordt gevormd bij het **bevriezen van het zeewater** (figuur 1b). Het wordt amper een aantal meter dik. Als het heel het jaar door blijft bestaan is er sneeuwophoping mogelijk, waardoor het pakijs dikker kan worden. Dit is het geval in Arctica.



Figuur 1 Foto van a. een ijskap (© International Polar Foundation – René Robert) en b. pakijs ((© International Polar Foundation – Alain Hubert)

Wet van Archimedes

Wanneer een voorwerp wordt ondergedompeld in een vloeistof zal het een kracht ondervinden. Deze kracht noemt men de **opwaartse stuwkracht (F_A)** en is even groot als het gewicht van het volume van de verplaatste vloeistof (figuur 2).



Figuur 2 Voorstelling wet van Archimedes

Een voorwerp zal drijven wanneer de opwaartse stuwkracht (gewicht van de verplaatste vloeistof (m_{vl})) gelijk is aan de zwaartekracht (gewicht van het voorwerp ($m_{voorwerp}$)).

$$\rightarrow F_A = F_Z$$

$$\rightarrow m_{vl} \cdot g = m_{voorwerp} \cdot g$$

$$\rightarrow m_{vl} = m_{voorwerp}$$

Thermische expansie of uitzetting

Thermische expansie is het uitzetten van materialen bij een hogere temperatuur. Dit komt doordat moleculen bij een hogere temperatuur sterker trillen waardoor ze een grotere ruimte innemen en bijgevolg stijgt het volume. M.a.w. er treedt een volumeverandering op door een verandering in temperatuur.

De thermische expansie wordt uitgedrukt door volgende formule:

$$\rightarrow \Delta V = \alpha \cdot \Delta T \cdot V$$

V = het volume van het materiaal

ΔV = de verandering in volume

ΔT = de verandering in temperatuur

α = thermische expansie coëfficiënt



Thema: Stijging zeeniveau



Beschrijvingsfiche

Onderzoeksvraag

Heeft het smelten van zeeijs, landijs of beiden een invloed op de stijging van het zeeniveau?

Materiaal

- 2 kommen
- water
- 8 ijsblokjes
- plakband
- steentjes
- steekkaartjes met land- en zeeijs erop

Werkwijze - Aan de slag!

- Voorspel welk ijstype(s) het zeeniveau zal doen stijgen: land- of zeeijs of beiden. Formuleer jullie wetenschappelijke hypothese en vul ze in op het werkblad.

Kom 1

- Plaats de steentjes op een hoopje aan één kant van de kom.
- Voeg water toe, zorg wel dat de steentjes nog boven het water uitsteken.
- Markeer met een stukje plakband het waterniveau.
- Plaats 4 ijsblokjes op de steentjes.
- Wat stelt het ijs in deze kom voor? Het landijs of het zeeijs? Leg het juiste steekkaartje bij de kom.

Kom 2

- Plaats de steentjes op een hoopje aan één kant van de kom.
- Leg 4 ijsblokjes op de bodem van de kom, niet op de steentjes!
- Vul de kom met water totdat de ijsblokjes drijven.
- Markeer met een stukje plakband het waterniveau.
- Wat stelt het ijs in deze kom voor? Het landijs of het zeeijs? Leg het juiste steekkaartje bij de kom.
- Wacht totdat het ijs smelt en noteer jullie observaties op het werkblad.
- Analyseer jullie bevindingen, formuleer jullie conclusie en ga verder met de toepassingen.
- Bereid jullie wetenschapsteam voor op een presentatie voor de hele klas



Experiment: Als het ijs smelt

Werkblad



Hypothese

.....

.....

Waarnemingen

Wat gebeurt er met het waterniveau in beide kommen?

.....

.....

.....

Analyse

Wat kan je hieruit afleiden over de invloed van het smelten van ijs op het zeeniveau? Of m.a.w. welk ijs draagt bij tot de stijging van het zeeniveau of dragen beiden bij?

.....

.....

.....

.....

Hoe verklaar je het verschil? (Tip: wet van Archimedes)

In het geval van het zeeijs, waaraan is het gewicht van het volume water dat verplaatst wordt door het zeeijs gelijk?

.....

Of m.a.w. hoe verhouden de krachten die inwerken op het zeeijs zich t.o.v. elkaar?



Experiment: Als het ijs smelt

Werkblad



.....

Maak er een tekening van en benoem de krachten.

Wat gebeurt er nu wanneer het zeeijs smelt?

.....

.....

.....

Conclusie

Is je hypothese correct? Indien niet, verklaar.

.....

.....

.....

.....



Experiment: Als het ijs smelt



Werkblad

Toepassingen

Indien de ijskap van Groenland en Antarctica volledig zou afsmelten, met hoeveel meter zou dan het zeeniveau stijgen?

Gegevens:

- Het gewicht van de ijskap van Groenland is $25,6 \cdot 10^{17}$ kg
- Het gewicht van de ijskap van Antarctica is $22,9 \cdot 10^{18}$ kg
- Het totale oppervlak van de oceanen is $361 \cdot 10^6$ km²
- De dichtheid van water is 1000 kg/m³.
- Een verandering van het volume van het zeewater ten gevolge van een stijging van het zeeniveau wordt als volgt uitgedrukt, waarbij de oppervlakte van het zeewater constant is: $\Delta V = \Delta H \cdot A$

.....

.....

.....

.....

.....

Los volgende vragen op in samenspraak met de leerlingen van het experiment 'Als het water opwarmt'.

Geef de twee oorzaken voor de stijging van het zeeniveau?

.....

.....

Wie zal het meest getroffen worden door de stijging van het zeeniveau? Geef twee voorbeelden.

.....

.....



Experiment: Als het ijs smelt



De antwoorden voor het werkblad

Hypothese

Het smelten van het landijs zal bijdragen tot de stijging van het zeeniveau, het smelten van het zeeijs niet.

Waarnemingen

Het waterniveau in de kom met steentjes stijgt, in de andere kom blijft het gelijk.

Analyse

Het smelten van het landijs zal bijdragen tot de stijging van het zeeniveau, het smelten van het zeeijs niet.

Het gewicht van het ijsblokje

$$F_z = F_A$$

Als zeeijs smelt, wordt het verplaatste water vervangen door smeltwater, waardoor het volume van het water niet verandert.

Toepassingen

$$\text{Groenland : } \Delta V = 25,6 \cdot 10^{17} / 1000 = 25,6 \cdot 10^{14} \text{ m}^3$$

$$\text{et } \Delta H = 25,6 \cdot 10^{14} / 361 \cdot 10^{12} = 7,1 \text{ m}$$

$$\text{Antarctique : } \Delta V = 22,9 \cdot 10^{18} / 1000 = 22,9 \cdot 10^{15} \text{ m}^3$$

$$\text{et } \Delta H = 22,9 \cdot 10^{15} / 361 \cdot 10^{12} = 63,4 \text{ m}$$

$$\Delta H_{\text{totaal}} = 7,1 \text{ m} + 63,4 \text{ m} = 70,5 \text{ m}$$

De twee processen die bijdragen tot de stijging van het zeeniveau door de klimaatopwarming zijn:

- Smelten van het landijs
- Thermische expansie van het water

De mensen die in laaggelegen steden of dorpen wonen aan de kust.

Vb. Bangladesh, eilanden in de Pacifische oceaan (Tivalu eiland)



Experiment: Als het water opwarmt



Beschrijvingsfiche

Doelstelling

Observeer wat de invloed is van de temperatuur op het waterniveau.

Materiaal

- 2 recipienten
- 10 ijsblokjes
- water
- waterkoker
- 1 grote proefbuis, die hermetisch afgesloten is met een stop waardoor een pipet is aangebracht

Aan de slag!

- Voorspel of een temperatuursverhoging van het water het waterniveau zal doen stijgen. Formuleer jullie wetenschappelijke hypothese en vul ze in op het werkblad.
- Laat water koken in de waterkoker.
- Vul één van de recipienten voor de helft met koud water en voeg de ijsblokjes toe.
- Vul het tweede recipient voor $\frac{3}{4}$ met warm water.
- Plaats de proefbuis vertikaal in het recipient met warm water, laat het even staan en observeer wat er gebeurt. Plaats de proefbuis vervolgens in het recipient met koud water. Observeer wat er gebeurt.
- Je kan deze laatste stap verschillende keren herhalen.
- Noteer jullie observaties op het werkblad.
- Analyseer jullie bevindingen aan de hand van de bijkomende vragen.
- Concludeer en ga verder met de toepassingen.
- Bereid jullie wetenschapsteam voor op een presentatie voor de hele klas.



Experiment: Als het water opwarmt

Werkblad



Hypothese

.....

.....

Waarnemingen

Wat gebeurt er wanneer je de pipet in het warme water brengt en vervolgens in het koude water?

.....

.....

Analyse

Welk fenomeen vindt hier plaats? Leg het uit.

.....

.....

.....

Conclusie

Klopt de hypothese? Leg uit.

.....

.....

.....



Experiment: Als het water opwarmt



Werkblad

Toepassingen

Zal het niveau van de oceanen toenemen door de huidige klimaatverandering?

.....

.....

.....

.....

Tussen 1993 en 2003 warmde het oppervlaktewater van de oceaan (dikte van de laag = 700 m) op met 0.08°C . De thermische expansiecoëfficiënt van zeewater is $2.6 \cdot 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$. Het volume van zeewater kan als volgt uitgedrukt worden:

$$V = H \cdot A \quad \text{met } H = \text{dikte van de waterlaag}$$
$$A = \text{oppervlakte.}$$

Een verandering van het volume van het zeewater ten gevolge van een stijging van het zeeniveau wordt als volgt uitgedrukt, waarbij er geen verandering optreedt van de oppervlakte van het zeewater:

$$\Delta V = \Delta H \cdot A$$

Bereken de stijging van het zeeniveau door de thermische uitzetting van het oceaanwater tussen 1993 en 2003 (mm/jaar):

.....

.....

.....

.....

.....

Antwoord:.....



Experiment: Als het water opwarmt



Werkblad

Metingen tonen aan dat het niveau van de oceanen tussen 1993 en 2003 met 3.1 mm/jaar gestegen is. Welk bijdrage is het meest dominant?

- ☐ het smelten van het landijs
- ☐ de thermische uitzetting van het zeewater
- ☐ geen van beide, ze hebben dezelfde grootorde

Zie het invulblad van het experiment 'Als het ijs smelt' voor verdere toepassingen.

Experiment: Als het water opwarmt

De antwoorden voor het werkblad

Hypothese

Een temperatuursverhoging zal het water doen stijgen.

Waarnemingen

Het waterniveau in de pipet stijgt in de maatbeker met het warme water en daalt in de maatbeker met het koude water.

Analyse

Thermische expansie. Thermische expansie is het uitzetten van materialen bij een hogere temperatuur. Dit komt doordat moleculen bij een hogere temperatuur sterker trillen waardoor ze een grotere ruimte innemen en bijgevolg stijgt het volume. M.a.w. er treedt een volumeverandering op door een verandering in temperatuur.

Toepassingen

Ja, door de huidige klimaatverandering zal het land en de atmosfeer opwarmen en zal de warmte getransporteerd worden naar de oceaan. Door de opwarming van het oceaanwater zal het volume toenemen en aangezien de oceaan wordt omgeven door continenten aan de kusten, kan het enkel stijgen.

Oplossing vraagstuk:

$$\rightarrow \Delta V = \alpha \cdot \Delta T \cdot V$$

$$\rightarrow A \cdot \Delta H = \alpha \cdot \Delta T \cdot H \cdot A$$

$$\rightarrow \Delta H = \alpha \cdot \Delta T \cdot H = 2.6 \cdot 10^{-4} \cdot 0.08 \cdot 700 = 0.015 \text{ m/10 jaar} = 1.5 \text{ mm/jaar}$$

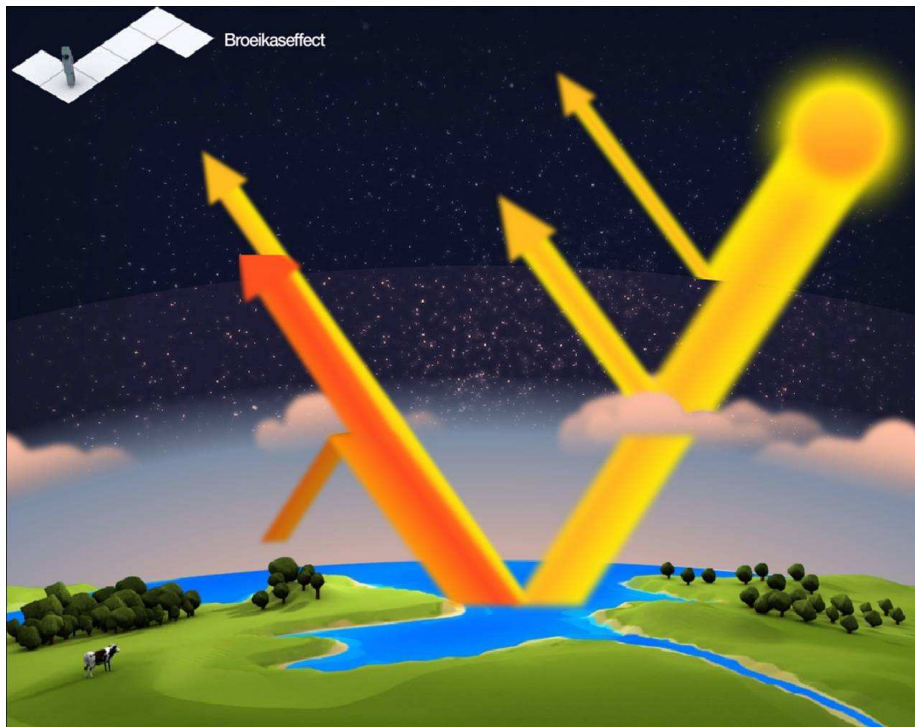
Het zeeniveau is tussen 1993 en 2003 per jaar 1.5 mm gestegen.

De bijdrage tot de stijging van het zeeniveau van het smelten van landijs en de thermische uitzetting van zeewater is van dezelfde grootorde.

Achtergrondinformatiefiche

Wanneer zonnestraling op aarde invalt, wordt een deel van de energie geabsorbeerd door het aardoppervlak en een ander deel wordt teruggekaatst in de atmosfeer. De ratio van gereflecteerde straling ten opzichte van inkomende straling wordt **albedo** (=A) genoemd.

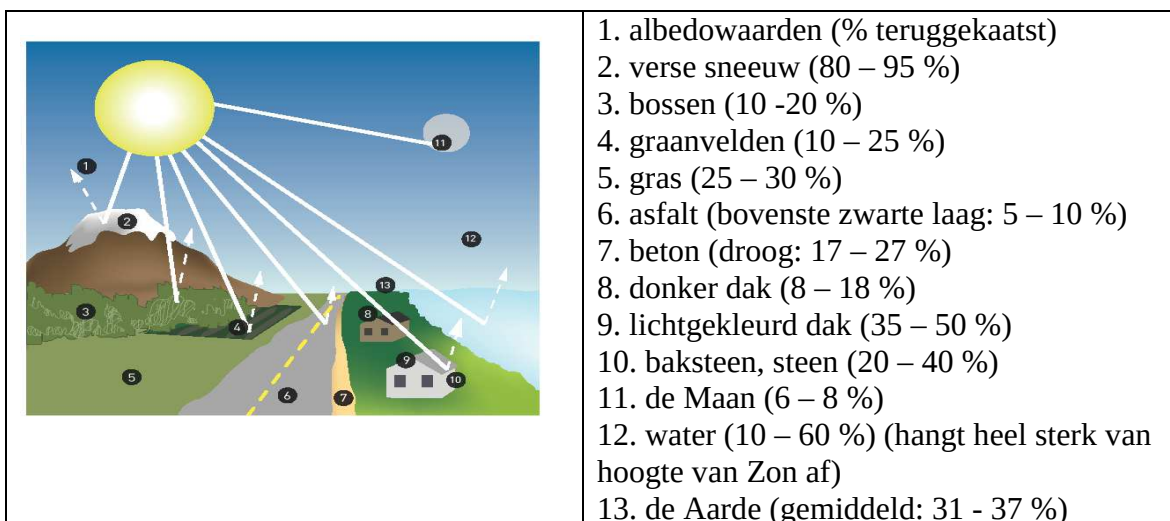
$$A = (\text{totale weerkaatste straling} / \text{invalende straling}) * 100$$



Figuur 1 Voorstelling van het broeikaseffect (© International Polar Foundation – Flash animatie ‘De mens, slachtoffer en verantwoordelijke van de huidige klimaatverandering’)

Het albedo hangt af van de **kleur** en de **samenstelling** van het bestraalde oppervlak. Een oppervlak met een hoog albedo heeft het vermogen om veel zonlicht terug te kaatsen. Propere sneeuw heeft een hoog albedo; het reflecteert een groot percentage van de ingevallen lichtenergie. Donkere bodems hebben een laag albedo; ze absorberen de energie meer dan dat ze de energie terugkaatsen. De tabel hieronder geeft enkele getallen.

Achtergrondinformatiefiche



Figuur 2 Albedo (%) van verschillende oppervlakken (© International Polar Foundation)

Verskillende locaties op aarde vertonen grote verschillen in hun albedo waarde. Zo verschillen de gemiddelde jaarlijkse albedo waarden sterk tussen de evenaar en de poolgebieden. Dit is vooral toe te wijzen aan de aanwezigheid van oppervlakken bedekt met sneeuw of ijs. Echter, de stralingsbalans (de optelsom van inkomende zonnestraling en uitgaande aardse straling) van de aarde is in evenwicht over langere periodes, door de algemene circulatie in de atmosfeer. Indien dit niet zou gebeuren, zouden de tropen oververhit raken en de poolstreken veel kouder zijn dan ze nu zijn.

Daarnaast zijn er ook **seizoensale variaties**. Deze zijn het meest zichtbaar in hogere breedtegraden. In de koudste periode bereiken de sneeuw- en ijsoppervlakken hun maximum omvang, waardoor het albedo stijgt. Tijdens de warmere periodes daalt de albedo doordat de sneeuw- en ijsoppervlakken smelten en zo land- en wateroppervlakken eronder bloot komen te liggen. Deze zijn veel donkerder en absorberen dus meer zonne-energie.



Experiment: Albedo en temperatuur



Beschrijvingsfiche

Vraagstelling

Welke plaat zal het snelste opwarmen, de zwarte of de witte?

Materiaal

- gekleurde metaalplaten (zwart, wit) geplakt op polystyreen
- warme lichtbron
- 2 vleesthermometers

Werkwijze - Aan de slag !

- Voorspel welk oppervlak het warmst zal worden. Formuleer jullie wetenschappelijke hypothese en vul ze in op het werkblad.
- Lees de uitgangstemperatuur af en noteer ze in de tabel op jullie werkblad.
- Steek het licht aan en start de chronometer.
- Lees de temperatuur van elke plaat om de 30 seconden af en noteer ze in de tabel
- Doof het licht na 2.5 minuten.
- Analyseer jullie bevindingen aan de hand van de bijkomende vraagjes.
- Concludeer en ga verder met de toepassingen.
- Bereid jullie wetenschapsteam voor op een presentatie voor de hele klas.



Experiment: Albedo en temperatuur



Werkblad

Hypothese

.....

.....

.....

Observaties

Tijd	T (°C) van de zwarte plaat	T (°C) van de witte plaat
Na 30''		
Na 1'		
Na 1'30''		
Na 2'		
Na 2'30''		

Analyse

Wat is er gebeurd ?

.....

.....

.....

Hoe verklaar je dit?

.....

.....



Experiment: Albedo en temperatuur



Werkblad

Conclusie

Is je hypothese waar of vals ?

Doordenkertjes

Gloeilampen met een hogere sterkte (Watt) veroorzaken een snellere en intensere opwarming dan minder krachtige gloeilampen. Hoe zou dit komen?

Kan je dit experiment uitvoeren met spaarlampen? Verklaar.

Vergelijk je experiment met deze van het albedo-lichtmeterexperiment. Wat is het essentiële verschil?

Toepassingen

Zie toepassing van het experiment 'albedo en licht'

Experiment: Albedo en temperatuur

De antwoorden voor het werkblad

Hypothese

De zwarte plaat absorbeert meer en sneller warmte-energie dan de witte plaat en zal dus meer en sneller opwarmen.

Observaties

De volgende gegevens zijn afkomstig van de vaste opstelling.

Tijd	Temperatuur zwarte plaat (°C)	Temperatuur witte plaat (°C)
OPWARMING		
startsituatie	18.7	18.6
Na 30''	19.4	19.0
Na 1'	21.7	19.6
Na 1'30''	23.1	20.1
Na 2'	24.2	20.7
Na 2'30''	25.2	21.0
Na 3'	26.1	21.5
Na 3'30''	26.7	21.7
Na 4'	27.3	22.0
Na 4'30''	27.7	22.1
Na 5'	28.2	22.3
Na 6'	28.8	22.7
Na 7'	29.5	23.0
Na 8'	29.8	23.2
Na 9'	30.2	23.3
Na 10'	30.7	23.6

Experiment: Albedo en temperatuur

De antwoorden voor het werkblad

De volgende gegevens zijn afkomstig van de opstelling met metaalplaten op polystyreen, uitgevoerd met verschillende lampsterktes.

Gegevenstabel opwarming (zwarte plaat); hoogte van lichtbron: 10 cm

Tijd	Temperatuur (°C) plaat							
	25W spot	40W	40W spot	60W	60W spot	75W	75W spot	100W
start	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
5'	22.0	30.7	32.0	31.0	45.0	31.0	61.0	35.5
10'	23.0	32.1	38.0	36.0	53.0	34.0	69.5	41.0
15'	24.5	34.0	40.0	36.5	55.0	35.0	72.5	41.5
25'	25.5	34.0	40.0	37.0	55.0	35.5	72.5	42.0

Gegevenstabel opwarming (witte plaat); hoogte van lichtbron: 10 cm

Tijd	Temperatuur (°C) plaat							
	25W spot	40W	40W spot	60W	60W spot	75W	75W spot	100W
Start	20.0	19.5	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	19.5
5'	21.5	20.0	27.0	24.0	33.0	25.0	37.0	28.0
10'	23.0	24.0	29.0	26.0	35.5	26.5	40.5	30.0
15'	23.0	26.0	29.5	26.5	36.0	27.5	41.5	31.0
25'	23.0	27.0	29.5	28.0	36.5	27.5	42.5	31.5

Analyse van de resultaten

Door het schijnen van de lamp (zon) zullen de platen warmteënergie absorberen en opwarmen tot ze een temperatuur bereiken die bijna constant zal blijven. Deze temperatuur loopt sneller op voor de zwarte plaat en zal steeds hoger liggen dan bij de witte plaat die veel meer energie terugkaatst.

Doordenkertjes



Experiment: Albedo en temperatuur



De antwoorden voor het werkblad

Gloeilampen zijn eigenlijk kleine verwarmingstoestelletjes die heel weinig licht produceren, maar veel energie verbruiken om warmte aan te maken. De snelheid en intensiteit waarmee de metaalplaten opwarmen verandert dus ook met de wattage van de gloeilamp: hoe hoger de kracht van de gloeilamp, hoe sneller het experiment kan uitgevoerd worden (zie tabel hierboven). Pas wel op voor verbranding bij gebruik van een 100W-lamp!

Niet gemakkelijk, het experiment neemt te veel tijd in beslag. De lichtenenergie van spaarlampen bevat veel minder warmte en veel meer zichtbaar licht, dan bij gloeilampen. Met een 20W E27 spaarlamp warmt de zwarte plaat slechts op van 21 tot 22°C over een tijdsspanne van 25 minuten. Spaarlampen gebruiken 75% minder energie dan traditionele gloeilampen. Er wordt dus meer zichtbaar licht en minder warmte gevormd met een zelfde hoeveelheid elektriciteit. Vandaar de huidige campagnes waarin het gebruik van spaarlampen sterk aangemoedigd wordt.

Werking van een spaarlamp: als een [elektron](#) uit die stroom tegen een [kwikatoom](#) botst, kan het daarbij een ander elektron uit zijn baan stoten. Bij het terugvallen van deze [aangeslagen toestand](#) naar de [grondtoestand](#) komt energie vrij in de vorm van [ultraviolette](#) straling. De ultraviolette straling is onzichtbaar. Aan de binnenkant van de glaswand van een spaarlamp zit daarom een laagje poeder dat verschillende [fluorescenties](#) vertoont, en daarmee de UV-straling omzet in wit licht. Afhankelijk van het soort poeder dat wordt gebruikt, worden verschillende kleuren door de spaarlamp uitgestraald.-

Het parallelle experiment meet lichtsterkte in plaats van temperatuur.

Vraagstelling

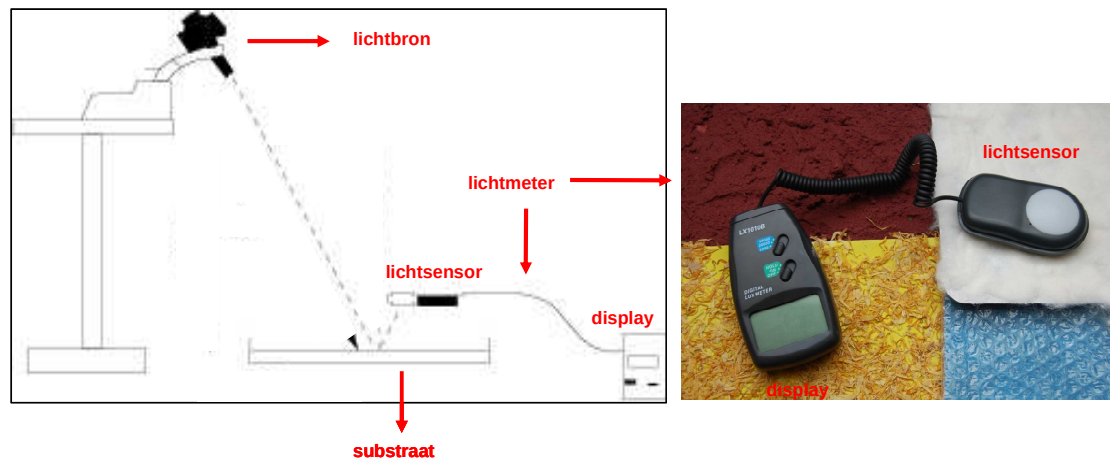
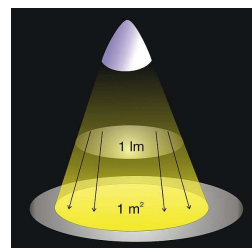
Wat is de invloed van textuur en kleur op het albedo van een oppervlak?

Materiaal

- diverse substraten geplakt op karton
- lichtbron (in donkere ruimtes)
- lichtmeter
- rekenmachine

Extra info lichtmeter

Een **lichtmeter** is een apparaat voor het meten van de verlichtingssterkte. De **verlichtingssterkte** of illuminatie is de hoeveelheid licht die invalt op een oppervlak per oppervlakte-eenheid. Het wordt uitgedrukt in **lux** of **lm/m²**.



Naarmate de afstand van de lichtbron tot het te verlichten voorwerp groter wordt, neemt de verlichtingssterkte in het kwadraat af. Daarom moet voor een juiste meting van de verlichtingssterkte de lichtmeter op werkhoogte worden geplaatst. In dit experiment zal je hiervoor je arm als statief gebruiken. Plaats je elleboog op de tafel en vorm een hoek van 90° tussen je boven- en onderarm. Deze positie moet je aanhouden gedurende het hele experiment. Je zal voor elke meting, eerst de invallende straling meten, houdt hiervoor de lichtsensor naar boven gericht. Daarna meet je de weerkaatste straling van het substraat. Houdt hiervoor de lichtsensor naar het substraat gericht.

Experiment: Albedo en licht

Beschrijvingsfiche

Aan de slag !

- Voorspel welke texturen/substraten het meeste licht zullen reflecteren and welke het minste. Formuleer op basis hiervan jullie wetenschappelijke hypothese.
- Check of je overweg kan met de lichtmeter. Zie beschrijving pg. 1 van de beschrijvingsfiche. Vraag hulp indien nodig.
- Gebruik de bureaulamp mocht het te donker zijn (de animator zal hierover beslissen).
- Meet eerst de verlichtingssterkte van het invallende licht. Houd hiervoor de lichtmeter gericht naar de lichtbron. Noteer de luxwaarde in bijhorende tabel.
- Meet onmiddellijk daarna de verlichtingssterkte van het teruggekaatste licht. Draai hiervoor je hand ondersteboven met de lichtsensor gericht naar het substraat. Noteer de luxwaarde in bijhorende tabel.
- Bereken het albedo.
- Doe dit voor elk substraat.
- Analyseer jullie bevindingen aan de hand van de bijkomende vraagjes.
- Concludeer en ga verder met de toepassingen.
- Bereid jullie wetenschapsteam voor op een presentatie voor de hele klas.

Hypothese

.....

.....

.....

Observaties

Modellen (nummer op achterkant van model genoteerd)	Inkomend licht (lux)	Teruggekaatst licht (lux)	Albedo (%)	Rangschikking van laag naar hoog albedo
N°1: wit glanzend (sneeuwtype 1)				
N°2: wit mat (doorschijnend ijs)				
N°3: watte (sneeuwtype 2)				
N°4: aluminiumfolie				
N°5: polenta (graanvelden)				
N°6: grijs zand				
N°7: cement (gebouwen)				
N°8: Rozemarijn (naaldbos)				
N°9: blaren (loofbos)				
N°10: blauw + noppenplastic (meer)				
N°11: blauw (oceaan)				
N°12: baksteen (huis)				
N°13: cacao (woestijn)				
N°14: rood				
N°15: donkergroen				
N°16: lichtgroen (weide)				
N°17: bosaarde				
N°18: zwart				
N°19: aluminiumfolie (replica)				
N°20: Calendula; Goudsbloem				

Analyse van de resultaten

Werkblad

Welke substraten/texturen/kleuren hebben het laagste albedo en welke het hoogste?
Rangschik de diverse substraten volgens toenemend albedo. Geef een cijfer aan elk substraat in de bovenstaande tabel.

Welke invloed heeft de kleur op het albedo?

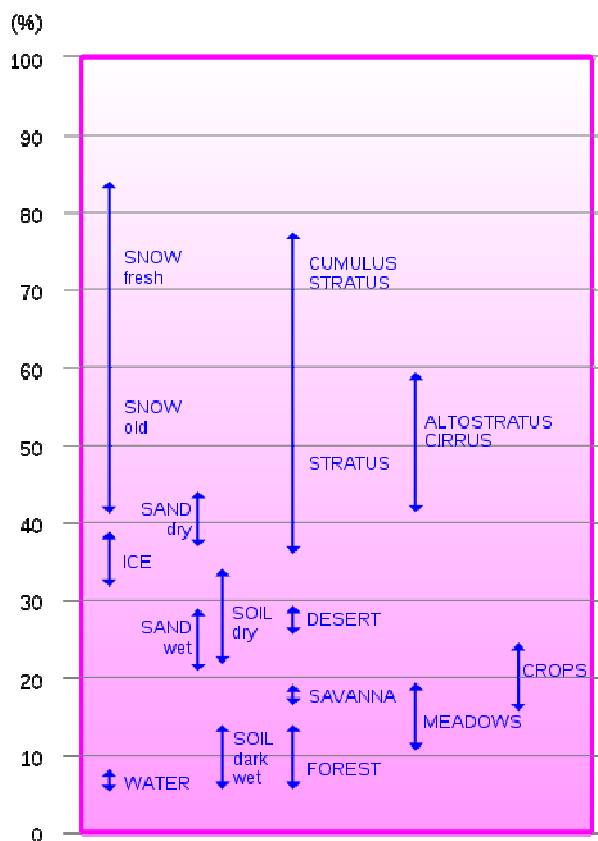
.....

Wat is de invloed van textuur op het albedo? (Bespreek aan de hand van substraten 1, 2 en 3)

.....

Vergelijk je gegevens met het diagram. Hoe verklaar je de verschillen?

.....



.....

.....

.....

.....

.....



Experiment: Albedo en licht



Werkblad

Conclusie

Is je hypothese waar of vals ?

.....

.....

.....

Toepassingen

Hoe kunnen wolken het albedo van de Aarde veranderen?

.....

.....

.....

Hoe verandert het albedo van de Aarde als het Arctisch pakijds afsmelt?

.....

.....

.....

Als de Noordpool verder opwarmt, zal de taiga de toendra vervangen. Hoe zal dit het albedo van de Aarde verder beïnvloeden?

.....

.....

.....

De antwoorden voor het werkblad

Hypothese

Lichtgekleurde oppervlakken en gladde substraten hebben de hoogste albedo's.

Observaties

Onderstaande gegevens zijn richtgetallen. Ze zijn heel onderhevig aan de weersomstandigheden (in dit geval gemeten met afwisselend bewolking en afwisselend zonneschijn).

Datacollectie reflectie – textuur/substraat/kleur (CZE-ruimte: wolken+opklaringen)			
Modellen (nummer op achterkant van model genoteerd)	Inkomend licht (lux)	Teruggekaatst licht (lux)	Albedo (%) (verhouding teruggekaatst t.o.v. inkomend licht)
N°1: wit glanzend (sneeuwtype 1)	215	154	71.6
N°2: wit mat (doorschijnend ijs)	125	85	68.0
N°3: watte (sneeuwtype 2)	169	94	55.6
N°4: aluminiumfolie	165	80	48.5
N°5: polenta (graanvelden)	190	86	45.3
N°6: grijs zand	190	78	41.1
N°7: cement (gebouwen)	190	83	43.7
N°8: Rozemarijn (naaldbos)	185	80	43.2
N°9: blaren (loofbos)	200	91	45.5
N°10: blauw + noppenplastic	210	97	46.2
N°11: blauw (oceaan)	200	104	52.0
N°12: baksteen (huis)	229	97	42.4
N°13: cacao (woestijn)	225	116	51.6
N°14: rood	225	111	49.3
N°15: donkergroen	230	114	49.6
N°16: lichtgroen (weide)	185	136	47.7
N°17: bosaarde	430	228	53.0
N°18: zwart	300	150	50.0
N°19: aluminiumfolie (replica)	355	171	48.2
N°20: Calendula; Goudsbloem	370	180	48.6

Analyse van de resultaten

De rangschikking is zeer onderhevig aan fluctuaties in inkomend licht (vanuit venster in CZE-ruimte) (in dit geval gemeten met afwisselend bewolking en afwisselend zonneschijn).

Experiment: Albedo en licht

De antwoorden voor het werkblad

Modellen (nummer op achterkant van model genoteerd)	Rangschikking van laag naar hoog albedo
N°1: wit glanzend (sneeuwtype 1)	N°6: grijs zand
N°2: wit mat (doorschijnend ijs)	N°12: baksteen (huis)
N°3: watte (sneeuwtype 2)	N°8: Rozemarijn (naaldbos)
N°4: aluminiumfolie	N°7: cement (gebouwen)
N°5: polenta (graanvelden)	N°5: polenta (graanvelden)
N°6: grijs zand	N°9: blaren (loofbos)
N°7: cement (gebouwen)	N°10: blauw + noppenplastiek
N°8: Rozemarijn (naaldbos)	N°16: lichtgroen (weide)
N°9: blaren (loofbos)	N°19: aluminiumfolie (replica)
N°10: blauw + noppenplastiek	N°4: aluminiumfolie
N°11: blauw (oceaan)	N°20: Calendula; Goudsbloem
N°12: baksteen (huis)	N°14: rood
N°13: cacao (woestijn)	N°15: donkergroen
N°14: rood	N°18: zwart
N°15: donkergroen	N°13: cacao (woestijn)
N°16: lichtgroen (weide)	N°11: blauw (oceaan)
N°17: bosaarde	N°17: bosaarde
N°18: zwart	N°3: watte (sneeuwtype 2)
N°19: aluminiumfolie (replica)	N°2: wit mat (doorschijnend ijs)
N°20: Calendula; Goudsbloem	N°1: wit glanzend (sneeuwtype 1)

Hoogste albedo: wit glanzend (sneeuwtype 1)

Laagste albedo: grijs zand

Hoe lichter de kleur, hoe hoger het albedo.

Hoe meer textuur (hoe ruwer), hoe lager het albedo.

De experimentele getallen vallen soms binnen de range van getallen uit de literatuur (bv. sneeuw). Over het algemeen zijn de literatuursgetallen veel lager dan onze metingen. Er kunnen diverse redenen hiervoor aangehaald worden: de modellen zijn slechts vage benaderingen van de reële substraten; de lichtinval is onrechtstreeks (metingen in de buitenlucht kunnen betere resultaten opleveren); er is een variatie in lichtinval gedurende het experiment waardoor waarden van inkomend ten opzicht van teruggekaatste licht niet volledig met elkaar overeenstemmen; de lichtmeter werkt niet honderd procent correct, ...



Experiment: Albedo en licht



De antwoorden voor het werkblad

Toepassingen

Hoe kunnen wolken het albedo van de Aarde veranderen? Hoge en dunne wolken zullen het zonlicht gemakkelijker doorlaten dan lage, dense wolken. Deze laatste zullen het licht eerder terug de ruimte in kaatsen.

Hoe verandert het albedo van de aarde als het Arctisch ijs afsmelt?

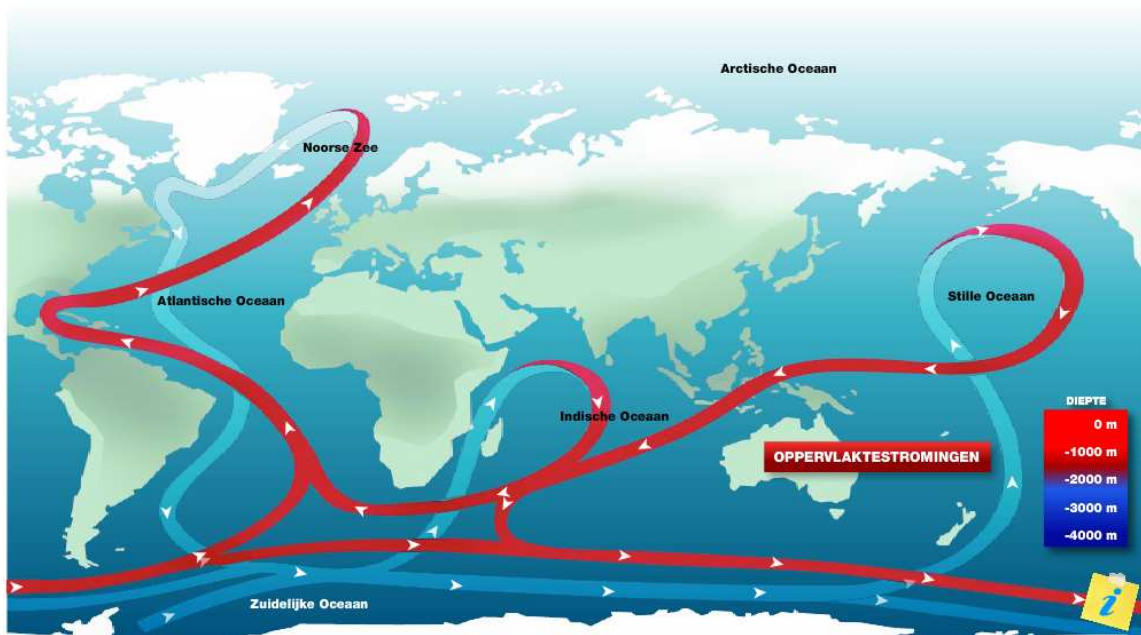
Als het zee-ijs terugtrekt, komt er meer open water, dat donkerder is. Hierdoor wordt meer warmte geabsorbeerd door de Arctische Oceaan. Hierdoor smelt het ijs nog sneller af, met een nog snellere opwarming voor gevolg.

Als de Noordpool verder opwarmt, zal de taiga de toendra vervangen. Hoe zal het albedo van de aarde verder beïnvloeden?

Naaldwouden (taiga) zijn donkerder dan grassen, struikgewassen en andere lage vegetatie, karakteristiek voor de toendra. Daarom zullen de minste veranderingen in de toendrastructuur het albedo van de regio veranderen.

Achtergrondinformatiefiche

De **thermohaliene circulatie** is de beweging van de watermassa's in de oceaan. Deze circulatie wordt gereguleerd door twee belangrijke krachten: de verschillen in dichtheid van het water en de wind.



Figuur 1: Voorstelling van de thermohaliene circulatie

De **dichtheid** van een stof drukt uit hoeveel massa van die stof aanwezig is in een bepaald volume. Dichtheid is dus massa per volume. In formule:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

ρ = dichtheid (kg/m³)

m = gewicht (kg)

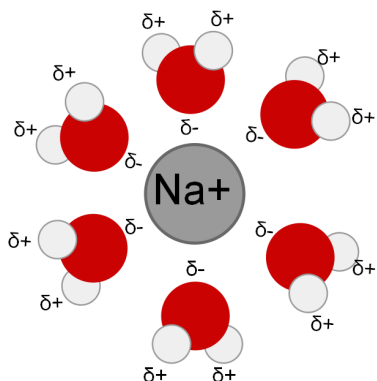
V = volume (m³)

Wanneer een bepaald volume veel massa bezit, dan zegt men dat de dichtheid groot is (vb. beton). Bezit een bepaald volume heel weinig massa, dan zegt men dat de dichtheid klein is (vb. lucht).

Men geeft de dichtheid van een stof meestal weer bij een bepaalde **temperatuur** en druk omdat bij verandering daarvan de dichtheid ook verandert. In oceaanstromingen heeft, naast de temperatuur, het zoutgehalte ook een invloed op de dichtheid.

Achtergrondinformatiefiche

Het **zoutgehalte** wordt aangegeven met de eenheid **g/kg** (gram zout per kilogram water) of met **psu** (practical salinity unit, waarbij 1 psu gelijk is aan 1 g zout per kg water). Wanneer men zout aan water toevoegd vallen de moleculen uiteen in hun ionen. De zoutmoleculen kunnen niet meer gevormd worden aangezien ze omringd worden met watermoleculen.



Figuur 2: Een natrium-ion omgeven door watermoleculen.

Zoet water heeft een saliniteit van minder dan **1 psu**, de gemiddelde saliniteit van **oceanawater** ligt rond de **35 psu**.

Experiment: Dichtheidsverschillen

Beschrijvingsfiche

Onderzoeksvragen

Heeft de temperatuur een invloed op de dichtheid van water?

Heeft het zoutgehalte een invloed op de dichtheid van water?

Materiaal

- dichtheidsmeter
- maatcilinder
- water
- waterkoker
- zout
- lepel
- trechter

Werkwijze - Aan de slag!

Formuleer jullie hypothese en vul ze in op het werkblad. Doe dit alvorens jullie starten met de opstelling!

- Vul de maatcilinder met koud water.
- Laat de dichtheidsmeter voorzichtig in het water vallen. Hij zal blijven drijven.
- Wacht totdat de meter niet meer beweegt, voordat je de dichtheid meet.
- Meet nu de dichtheid en noteer ze op het werkblad. Hierbij moet de 'specific gravity'-schaal gebruikt worden.
- Giet de helft van het water weg.
- Vul de maatcilinder aan met warm water.
- Meng het water.
- Meet opnieuw de dichtheid van het water met de dichtheidsmeter en noteer ze op het werkblad.
- Voeg 15 g zout (= 1 afgestreken lepel) toe aan het water. Gebruik hiervoor de trechter. Meng goed, zodat het zout oplost in het water.
- Meet de dichtheid en noteer ze op het werkblad.
- Analyseer jullie bevindingen aan de hand van de bijkomende vraagjes.
- Concludeer en ga verder met de toepassingen.
- Bereid jullie wetenschapsteam voor op een presentatie voor de hele klas.

Experiment: Dichtheidheidsverschillen

Werkblad

Hypothese

Zal, volgens jullie, de temperatuur invloed hebben op de dichtheid? Schrijf jullie hypothese op.

.....

.....

Zal, volgens jullie, het zoutgehalte invloed hebben op de dichtheid? Schrijf jullie hypothese op.

.....

.....

Waarnemingen

Vul de tabel in.

	Dichtheid (g/dm ³)
Koud water zonder zout	
Warm water zonder zout	
Warm water met zout	



Experiment: Dichtheidheidsverschillen



Werkblad

Analyse

Wat kan je afleiden uit de tabel over de invloed van (1) de temperatuur en van (2) het zoutgehalte op de dichtheid van het water?

(1).....

.

.....

(2).....

.....

Conclusie

Kloppen jullie hypotheses? Indien niet, leg uit.

.....

.....

.....

.....

Experiment: Dichtheidsverschillen

De antwoorden voor het werkblad

Hypotheses

Hoe lager de temperatuur van het water, hoe groter de dichtheid van het water.
Hoe groter het zoutgehalte, hoe groter de dichtheid van water.

Waarnemingen

Onderstaande gegevens zijn richtgetallen.

	Dichtheid (g/dm ³)
Koud water zonder zout	1000
Warm water zonder zout	990
Warm water met zout	1040

Analyse

- (1) Hoe lager de temperatuur, hoe hoger de dichtheid.
- (2) Hoe hoger het zoutgehalte, hoe hoger de dichtheid.

Het water koelt af aan de poolgebieden, zinkt daar naar de bodem en beweegt vervolgens over de bodem naar de evenaar toe. Aan de evenaar wordt het water opgewarmd en stijgt het naar de oppervlak om vanaf daar terug te keren naar de polen.

Experiment: Circulatie van watermassa's

Beschrijvingsfiche

Onderzoeksvragen

Hoe circuleert het water in de oceanen? Wat gebeurt er wanneer twee watermassa's met een verschillende densiteit elkaar tegenkomen?

Materiaal

- bak
- water
- plastic zakje
- koelelementen
- lamp
- rood ijsblokje, gemaakt van zoet water (een ijsvorm vullen met water en enkele druppels kleurstof toevoegen)
- blauw ijsblokje, gemaakt van zout water (de bodem van een ijsvorm vullen met zout, enkele druppels kleurstof en water toevoegen en goed roeren zodat het zout oplost)

Werkwijze - Aan de slag!

Formuleer jullie hypothesen en vul ze in op het werkblad. Doe dit alvorens jullie starten met de opstelling!

- Vul de bak voor 3/4 met water.
- Doe de koelelementen in het plastic zakje.
- Plaats de zak in de bak, tegen één van de kortse zijden van de bak.
- Plaats de lamp aan de tegenovergestelde zijde van de bak.
- Wacht nu tot het water aan de ene kant van de bak afkoeld is en aan de andere kant opgewarmd is.
- Voeg aan de kant waar de zak met koelelementen zich bevindt, het blauwe ijsblokje, gemaakt van zout water, toe.
- Wacht even en observeer hoe de kleurstof beweegt. Teken de beweging op jullie werkblad.
- Voeg vervolgens, ook aan de kant waar de zak met koelelementen zich bevindt, het rode ijsblokje, gemaakt van zoet water, toe.
- Wacht even en observeer hoe de kleurstof beweegt. Teken de beweging op jullie werkblad.



Experiment: Circulatie van watermassa's



Beschrijvingsfiche

- Analyseer jullie bevindingen aan de hand van de bijkomende vraagjes.
- Concludeer en ga verder met de toepassingen.
- Bereid jullie wetenschapsteam voor op een presentatie voor de hele klas.



Experiment: Circulatie van watermassa's



Werkblad

Hypothese

Wat gebeurt er als twee watermassa's met een verschillende dichtheid elkaar tegenkomen in de oceaan? Welke watermassa zal zinken, welke zal stijgen?

.....

.....

Observatie

Teken de aquarium en duidt de warme en koude kant aan, met respectievelijk een W en een K.

- (1) Maak een tekening van de beweging van het zout water (blauwe ijsblokjes) in het zoet water. Gebruik hiervoor een blauwe balpen.
- (2) Maak een tekening van de beweging van het zoete water (rood ijsblokjes) in het zoete water. Gebruik hiervoor een rode balpen.



Experiment: Circulatie van watermassa's

Werkblad



Analyse

Wat is de drijvende kracht achter de beweging? (Tip: Denk terug aan het eerste deel van het experiment.)

.....

Door welke parameters wordt deze grootheid beïnvloed?

(1).....

(2).....

Beschrijf hoe het water circuleert tussen de poolgebieden en de evenaar op basis van de circulatie die je gesimuleerd hebt.

.....

.....

.....

Conclusie

Klopt de hypothese? Indien niet, leg uit.

.....

.....

.....



Experiment: Circulatie van watermassa's



Werkblad

Toepassingen

Waarom noemt men de circulatie van de oceanische watermassa's 'de thermohaliene circulatie'?

.....

.....

Geef de twee oorzaken waarom het oceaanwater in de poolstreken naar de bodem zinkt?

.....

.....

.....

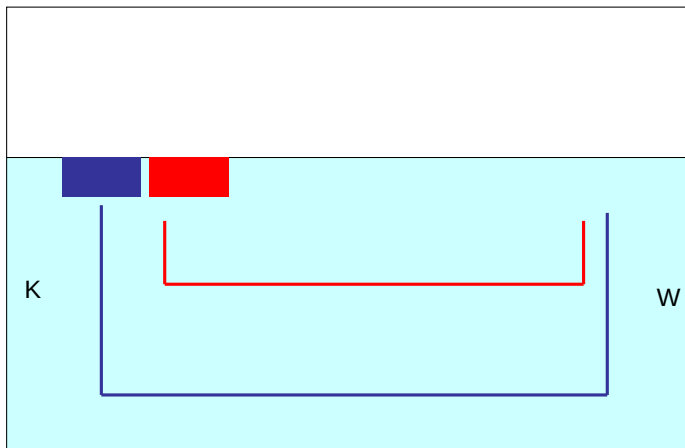
Experiment: Circulatie van watermassa's

De antwoorden voor het werkblad

Hypothese

De watermassa met de hogere densiteit, dus die met het hoogste zoutgehalte, zinkt onder de watermassa met de lagere densiteit. Er ontstaat een gelaagdheid.

Observatie



Analyse

De dichtheid

Temperatuur en zoutgehalte

Toepassingen

Thermo duidt op de temperatuur, halien op het zoutgehalte. Beide grootheden beïnvloeden de desiteit van water. En densiteitsverschillen zijn naast wind, de oorzaak voor de beweging van de watermassa's in de oceaan.

De 2 oorzaken waardoor het oceaanwater in de poolstreken naar de bodem zinkt:

- Invloed de temperatuur: het water koelt af wanneer het in de poolgebieden aankomt, hierdoor stijgt de densiteit en zal het water zinken.
- Invloed van het zoutgehalte: Bij de vorming van pakij's wordt zout afgestoten, waardoor het water onder het pakij's een grotere dichtheid krijgt en zal zinken. Dit komt doordat zout weinig oplosbaar is in ijs, de zoutionen kunnen zich niet integreren in de kristalstructuur.

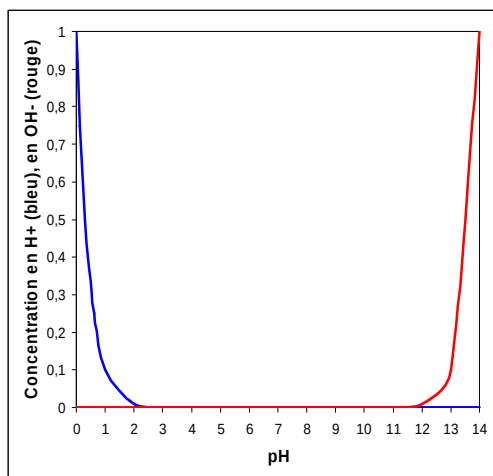
Thema: Verzuring van de oceaan

Achtergrondinformatiefiche

Zo'n 70% van de aarde is bedekt met water. **Oceanen** spelen dan ook een cruciale rol in het klimaatstelsel. Daarnaast spelen ze ook een belangrijke rol in de koolstofcyclus. Doordat koolstofdioxide (CO_2) oplosbaar is in water, vinden er natuurlijke uitwisselingen plaats tussen de atmosfeer en de oppervlakte van oceanen tot er een evenwicht bereikt. Tot voor kort waren de oceanen een bron van CO_2 . De situatie is nu echter volkomen omgekeerd: de concentratie aan CO_2 in de atmosfeer is zo sterk toegenomen door menselijke activiteiten dat de oceanen enorme hoeveelheden CO_2 uit **opneemt**.

De opname van CO_2 beïnvloedt de **zuurtegraad** van de bovenste oceaanalagen. De zuurtegraad van een waterige oplossing wordt uitgedrukt in pH. De pH is gelijk aan de negatieve logaritme (met grondtal 10) van de concentratie waterstofionen (H^+), m.a.w. hoe hoger de H^+ -concentratie, hoe lager de pH, hoe zuurder de oplossing, hoe groter de zuurtegraad.

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] \text{ met } [\text{H}^+] = \text{de concentratie waterstofionen (mol/l)}$$



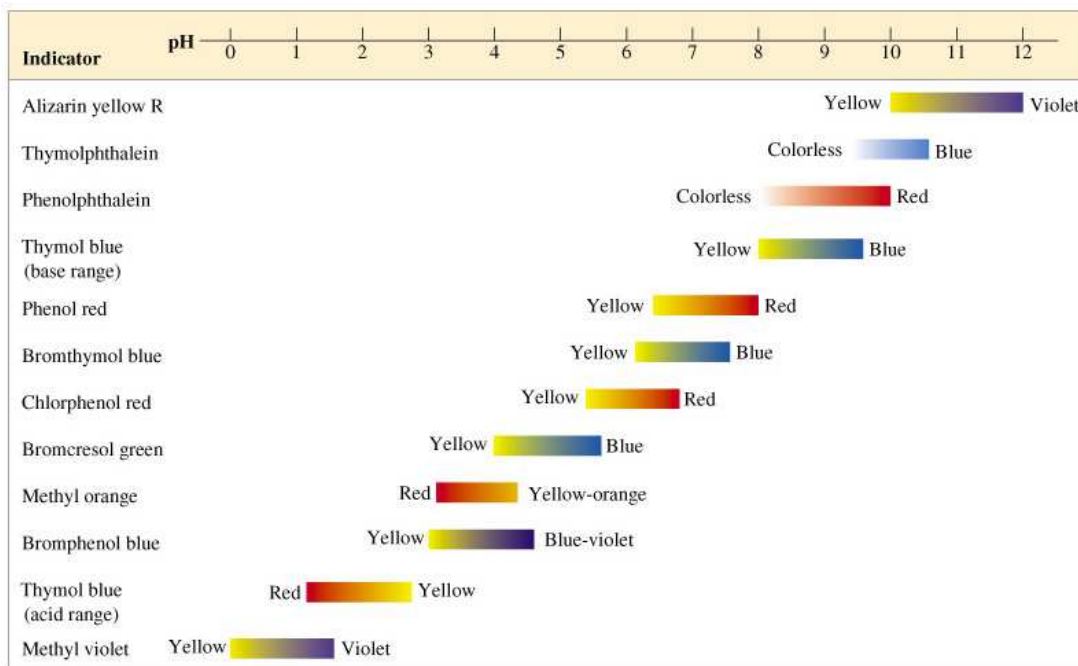
Figuur 1: pH in functie van de concentratie aan H^+

Om een ruwe schatting van de pH te maken wordt **pH-papier** gebruikt. Door de zuren in oplossing verandert het papier van kleur. Door de kleur te vergelijken met de pH-schaal ernaast aangegeven, kan men een schatting van de pH maken. Voor een nauwkeurigere meting van de pH wordt een **pH-meter** gebruikt.

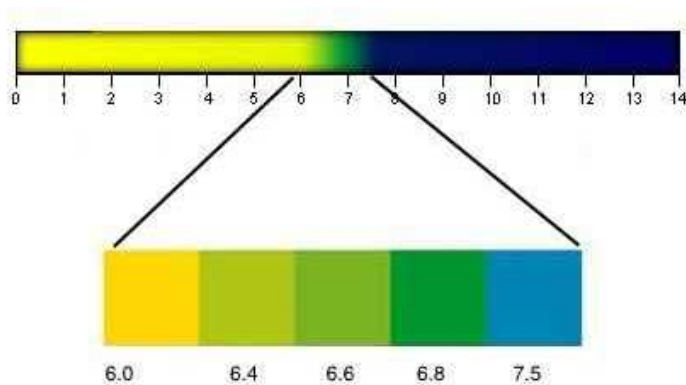
Om te weten wanneer de pH een bepaalde waarde overschrijdt, wordt een **pH-indicator** gebruikt. Een pH-indicator is een chemische stof die van kleur verandert bij een bepaalde pH. Het pH-gebied waarin de kleuromslag plaatsvindt noemt men het omslaggebied. Figuur 2 geeft enkele voorbeelden van indicatoren weer met hun bijhorend omslaggebied en kleur in zure en basische vorm. Figuur 3 is een detailweergave voor **broomthymolblauw**.

Thema: Verzuring van de oceaan

Achtergrondinformatiefiche



Figuur 2: pH-indicatoren met hun bijhorend omslaggebied en kleur in zure en basische vorm.



Figuur 3: Figuur die de kleur van broomthymolblauw versus de pH aangeeft

De opname van CO₂ door de oceaan, vormt **een bedreiging voor mariene organismen met skelet of schaal opgebouwd uit calciumcarbonaat (CaCO₃)**, zoals mosselen, kokkels, zeesterren, koralen,...

Experiment: Mag het wat zuurder?

Beschrijvingsfiche

Onderzoeksvragen

Wat is de invloed van CO_2 , geabsorbeerd door het water, op de pH van het water?

Wat is de invloed van de temperatuur van water op de absorptie van CO_2 ?

Materiaal

- 2 grote bokaalen
- water
- 2 ijsblokjes
- 1 rietje
- broomthymolblauw (pH-indicator)
- veiligheidsbril
- maatbeker

Werkwijze - Aan de slag!

- Voorspel of de absorptie van CO_2 de pH van het water zal doen dalen of stijgen. Formuleer jullie wetenschappelijke hypothese en vul ze in op het werkblad.
- Voorspel of de temperatuur van het water een rol speelt bij de absorptie van CO_2 . Formuleer een tweede hypothese. Vul ze in op het werkblad.
- Vul bokaal 1 met 80 ml water en bokaal 2 met 40 ml.
- Voeg aan elke bokaal 10 druppels broomthymolblauw toe en meng goed.
- Voeg de 2 ijsblokjes toe aan bokaal 2.
- Bepaal de kleur en de pH a.d.h.v. de kleurschaal van broomthymolblauw en vul het invulblad in (referentie).
- Zet je veiligheidsbril op.
- Blaas voor ongeveer 1 minuut met een rietje in bokaal 1. Het is niet noodzakelijk om aan één stuk door te blazen, je mag korte pauzes nemen.
- Bepaal onmiddellijk de kleur en de pH a.d.h.v. de kleurschaal van broomthymolblauw en vul het werkblad in.
- Blaas voor ongeveer 1 minuut met een rietje in bokaal 2. Het is niet noodzakelijk om aan één stuk door te blazen, je mag korte pauzes nemen.
- Bepaal onmiddellijk de kleur en de pH a.d.h.v. de kleurschaal van broomthymolblauw en vul het werkblad in.
- Analyseer jullie bevindingen aan de hand van de bijkomende vraagjes.
- Concludeer en ga verder met de toepassingen.
- Bereid jullie wetenschapsteam voor op een presentatie voor de hele klas.

Experiment: Mag het wat zuurder?

Werkblad

Hypothese 1

.....

.....

Hypothese 2

.....

.....

Waarnemingen

Vul de tabel in. Noteer de kleur en de pH van de 3 bokalen.

	Kleur	pH aangegeven door broomthymolblauw
Referentie		
Glas zonder ijsblokjes, waarin geblazen is		
Glas met ijsblokjes, waarin geblazen is		

Analyse van de resultaten

Wat gebeurt er met de zuurtegraad wanneer men in het glas blaast?

.....

Wat gebeurt er met de kleur wanneer men in het glas blaast?

.....



Experiment: Mag het wat zuurder?



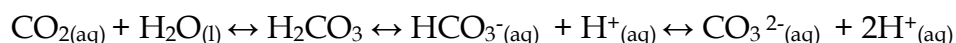
Werkblad

Wat is de oorzaak van de pH- en de kleurverandering? Tip: Welk gas blaas je in het glas?

.....

.....

Volgende evenwichtsreactie treedt op wanneer je in het glas blaast:



Naar welke kant zal de evenwichtsreactie verschuiven wanneer de concentratie aan CO_2 verhoogt?

.....

Wat gebeurt er dan met de zuurtegraad? Tip: formule pH

.....

Welk glas heeft de grootste zuurtegraad?

.....

Hoe komt dit? Tip: oplosbaarheid van gassen

.....

.....

.....

Conclusie

Zijn je beide hypothesen correct? Indien niet, verklaar.

.....

.....

.....



Experiment: Mag het wat zuurder?



Werkblad

Toepassingen

Zal de oceaan de komende eeuw zuurder of basischer worden door de verhoogde uitstoot van CO₂? Verklaar.

.....

.....

.....

Welke oceanen zullen het eerst te kampen hebben met de gevolgen van verzuring? De oceanen rond de evenaar of deze in de poolstreken? Verklaar.

.....

.....

.....

Zal de stijging van CO₂ in de atmosfeer een invloed hebben op mariene organismen? Bespreek met de leerlingen die het experiment 'Het droevige lot van schelpen' uitvoeren en verklaar.

.....

.....

.....

Stel, twee verschillende wetenschappers voeren het experiment uit en plaatsen hun resultaten in een grafiek (pH versus de tijd). Zouden beide grafieken dan hetzelfde zijn? Kan je dit verklaren?

.....

.....

.....

Experiment: Mag het wat zuurder?

De antwoorden voor het werkblad

Hypotheses

CO₂ doet de pH van het water dalen.

De temperatuur van het water speelt een rol bij de absorptie.

Waarnemingen

	Kleur	pH aangegeven door broomthymolblauw
Referentie	Blauw	7.5
Glas zonder ijsblokjes, waarin geblazen is	Donker groen	6.8
Glas met ijsblokjes, waarin geblazen is	Licht groen	6.4

Analyse van de resultaten

De zuurtegraad stijgt.

De kleur verandert van blauw naar groen naar geel.

Door te blazen, breng je koolstofdioxide in het water, waardoor het water zuurder wordt en van blauw naar geel verkleurt.

Naar rechts

De pH daalt.

Het glas met de ijsblokjes waarin geblazen is.

Een gas lost beter op in koud water dan in warm water. De oplosbaarheid van een gas is omgekeerd evenredig met de temperatuur. Er is dus meer CO₂ opgelost in het water met de ijsblokjes, waardoor de pH ervan groter is.

Toepassingen

De oceaan zal zuurder worden. Door de verbranding van fossiele brandstoffen en ontbossing zal de concentratie aan CO₂ in de atmosfeer nog toenemen. Dit zal leiden tot



Experiment: Mag het wat zuurder?



De antwoorden voor het werkblad

een grotere opname van CO_2 door de oceaan waardoor de pH van het oceaانwater zal dalen.

Ja, de verzuring van de oceaan zal de schelpen van kalkhoudende organismen aantasten.

De oceanen in de poolstreken. kouder water $\rightarrow$ oplosbaarheid CO_2 stijgt $\rightarrow$ pH zeewater daalt

Nee, beide curves zouden niet identiek zijn. De hoeveelheid CO_2 die uitgeblazen wordt is afhankelijk van wie blaast.



Experiment: Het droevige lot van schelpdieren



Beschrijvingsfiche

Onderzoeksvraag

Wat is de invloed van een lage pH van het water op schelpen van mariene organismen, die opgebouwd zijn uit kalk?

Materiaal

- staalnamepotje
- schelpjes
- azijn

Aan de slag!

- Voorspel of een lage pH van het water de schelpen zal aantasten. Formuleer jullie wetenschappelijke hypothese. Vul ze in op het werkblad.
- Doe de schelpjes in het staalnamepotje.
- Giet azijn over de schelpjes totdat ze volledig ondergedompeld zijn. Wat observeren jullie? Vul het werkblad in.
- Analyseer jullie bevindingen aan de hand van de bijkomende vraagjes.
- Concludeer en ga verder met de toepassingen.
- Bereid jullie wetenschapsteam voor op een presentatie voor de hele klas.



Experiment: Het droevige lot van schelpdieren



Werkblad

Hypothese

.....

.....

Waarnemingen

Wat observeer je wanneer je de azijn over de schelpen giet?

.....

Analyse van de resultaten

Wat is de bouwsteen van de schelp?

.....

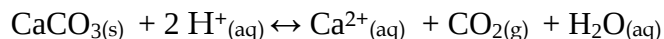
Als je weet dat de reagens $\text{Ca}^{2+}_{(\text{aq})}$ en CO_3^{2-} zijn, geef dan de reactievergelijking voor de vorming van calciumcarbonaat. Geef de fase van elk element aan (ion, neerslag, gas)

.....

Wat is azijn? Een zure of een basische oplossing? Wat staat het af: H^+ of OH^- ionen?

.....

Volgende reactievergelijking treedt op wanneer je azijn over de schelpen giet (azijn is een mengsel van azijnzuur, CH_3COOH , en water):



Wat gebeurt er met de calciumcarbonaat wanneer je er azijn overgiet? Welk effect heeft dit op de hardheid van de schelp?

.....



Experiment: Het droevige lot van schelpdieren



Werkblad

Wat veroorzaakt het bruisen?

.....

Wanneer je de azijn zou opwarmen en vervolgens over de schelpen zou gieten, zou je merken dat het bruisen heviger wordt. Hoe komt dit? (Tip: oplosbaarheid van gassen)

.....

.....

Conclusie

Is je hypothese correct? Indien niet, verklaar.

.....

.....

.....

.....

Toepassingen

Worden organismen met een kalkskelet of kalkschaal bedreigd door de verzuring van de oceaan? Verklaar.

.....

.....

.....

.....



Experiment: Het droevige lot van schelpdieren



Werkblad

Waarom zullen polaire organismen het eerste getroffen worden door de verzuring van de oceaan? Bespreek met de leerlingen die het experiment 'Mag het wat zuurder?' uitvoeren.

.....

.....

.....

Waarom moet een waterkoker regelmatig ontkalkt worden? Welk keukenproduct kan je hiervoor gebruiken?

.....

.....

.....

Historische gebouwen en beelden uit kalksteen zien er soms grijs uit. Hoe komt dit? Door wat worden ze aangetast?

.....



Experiment: Het droevige lot van schelpdieren



De antwoorden voor het werkblad

Hypothese

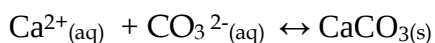
Een lage pH zal de schelpen aantasten.

Waarnemingen

De schelpen beginnen te bruisen.

Analyse van de resultaten

calciumcarbonaat (CaCO_3)



Een zure oplossing, het staat H^+ ionen af

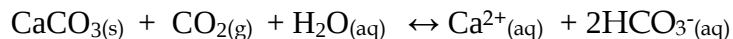
Het wordt opgelost. De schelpen worden dunner en bijgevolg brozer.

Het gas CO_2 dat vrijkomt.

Een gas lost beter op in een koude vloeistof dan in warme vloeistof. Dus in een warme oplossing zal er minder CO_2 opgelost worden en zal er meer CO_2 verdwijnen in de lucht.

Toepassingen

Hun kalkskelet of kalkschelp wordt vatbaarder om opgelost te worden.



kouder water $\rightarrow$ oplosbaarheid CO_2 stijgt $\rightarrow$ pH zeewater daalt

Door de mineralen in kraanwater ontstaat er kalkaanslag in de waterkoker tijdens het opwarmen van water. Je kan hiervoor azijn gebruiken.

Door zure regen.

Experiment: Sporen uit het verleden

Achtergrondinformatiefiche

De huidige **klimaatveranderingen** hebben gevolgen voor de hele wereld. Om voorspellingen te kunnen maken over de toekomst moet men het klimaat in het verleden gaan bestuderen. De wetenschap die inzicht probeert te krijgen in de vroegere klimaten op aarde en de mechanismen die de veranderingen in het klimaat veroorzaakt hebben, heet **paleoklimatologie**.

Paleoklimatologen werken vaak met **proxy-indicatoren**, die zeggen bij benadering iets over het klimaat in het verleden. Jaarringen en fossielen zijn voorbeelden van proxies.

Op de bodem van oceanen en meren liggen dikke lagen sediment, eigenlijk ‘modder’ die resten bevat van de dieren en planten die op het moment van afzetting leefden, fossielen genoemd. Eén van de vaak gebruikte fossielen in meer- of oceaansedimenten zijn de fossielen van **diatomeeën**.

Diatomeeën zijn ééncellige algen die een sterk skelet hebben. Wanneer ze sterven, zinkt dit skelet naar de bodem waar het onder de juiste omstandigheden miljoenen jaren lang bewaard blijft en bedolven wordt onder jongere lagen sediment en diatomeeën. Elke diatomeeënsoort heeft een ander type **skelet**. Dit verschil in skelet wordt gebruikt om de verschillende fossiele diatomeeënsoorten te identificeren.

Daarnaast groeit elke soort ook optimaal bij een bepaalde temperatuur, de **optimale temperatuur (T_o)** genoemd, waardoor de aanwezigheid van een bepaalde soort iets zegt over het klimaat dat er heerste op het moment dat de organismen nog leefden. Bijvoorbeeld, wanneer de temperatuur stijgt, zal de samenstelling van diatomeeënsoorten gedomineerd worden door soorten die meer aangepast zijn aan de warmte. Men kan ook de temperatuur die er toen heerste, de **gewogen gemiddelde temperatuur (T_m)** genoemd, achterhalen door volgende formule toe te passen:

$$T_m = \frac{(n_{s1} \times T_{o,s1}) + (n_{s2} \times T_{o,s2}) + (n_{s3} \times T_{o,s3}) + (n_{s4} \times T_{o,s4})}{n_{s1} + n_{s2} + n_{s3} + n_{s4}}$$

T_m = gewogen gemiddelde temperatuur (°C)

S_n = diatomeeënsoort

T_{o, S_n} = optimale temperatuur van de diatomeeënsoort (°C)

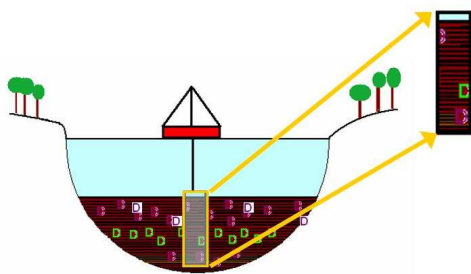
n_{S_n} = aantal diatomeeën van een bepaalde soort

Om de diatomeeënsamenstelling van meersedimenten op verschillende dieptes te onderzoeken, gebruiken paleoklimatologen een speciale boor waarmee ze lange, cilindervormige stukken sediment, **boor- of sedimentkernen** genoemd, naar boven halen (Fig. 1). Hoe dieper men boort, hoe verder men in de tijd kan teruggaan. Eens terug in het

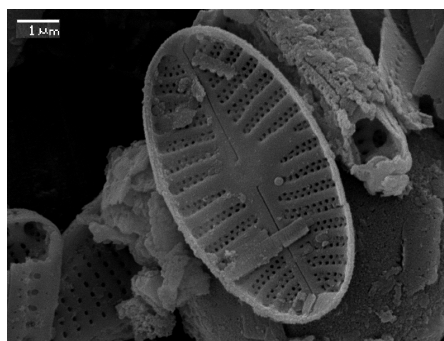
Experiment: Sporen uit het verleden

Achtergrondinformatiefiche

labo nemen ze substalen uit de sedimentkern, welke daarna onder de microscoop geanalyseerd worden zodat de diatomeeënsamenstelling kan bepaald worden (Fig. 2).



Figuur 1: Het nemen van boorkernen uit meersedimenten. (UGent)



Figuur 2: Diatomeeënanalyse van een sedimentboorkern. A. Het nemen van substalen. B. Diatomeeën onder de microscoop (UGent)

Experiment: Sporen uit het verleden

Beschrijvingsfiche

Doelstelling

Reconstructie van de temperatuur in het verleden a.d.h.v. de analyse van diatomeeënsoorten in een sedimentkern.

Materiaal

- 10 petrischaaltjes die overeenstemmen met een bepaald sedimentstaal uit de boorkern. De diepte en ouderdom zijn aangegeven op elk petrischaaltje.

Staalnummer	Ouderdom (jaar BP*)	Diepte (cm)
1	1000	5
2	2000	10
3	3000	15
4	4000	20
5	5000	25
6	6000	30
7	7000	35
8	8000	40
9	9000	45
10	10.000	50

*jaar BP = jaar Before Present, is een tijdsschaal die o.a. door paleoklimatologen gebruikt wordt. "Vóór heden" is enigszins misleidend, want met heden wordt het jaar 1950 bedoeld. 100 jaar BP is dus 100 jaar voor 1950, of in het jaar 1850 na Christus.

- 12 kralen per petrischaaltje in het roos, groen, goud en paars. Elke kleur stelt een bepaalde diatomeeënsoort voor, die bij een specifieke temperatuur het beste overleeft (= optimale temperatuur, T_o).

Diatomeeënsoort	T_o (°C)
Roos	20
Goud	15
Groen	10
Paars	5

- rekenmachine



Experiment: Sporen uit het verleden



Beschrijvingsfiche

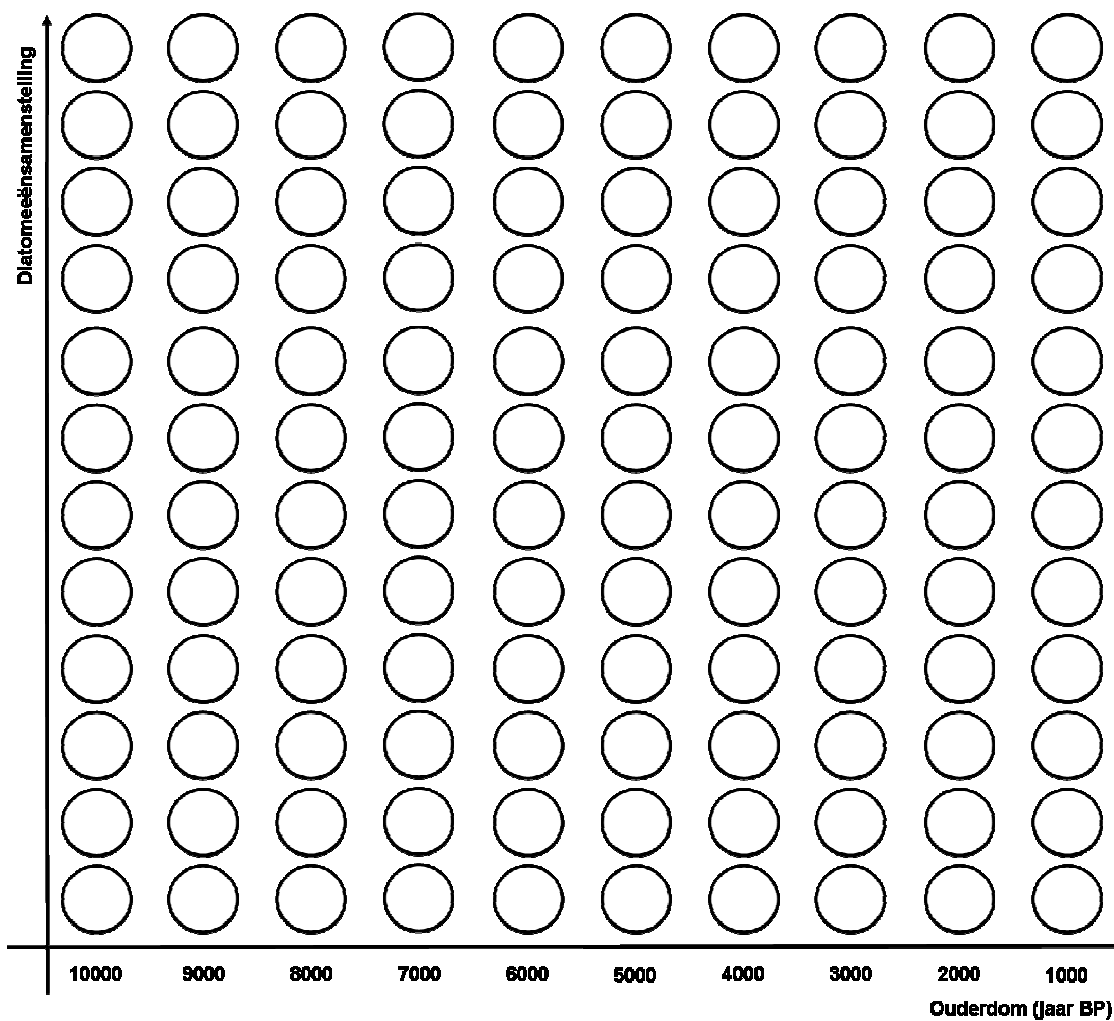
Werkwijze - Aan de slag!

- Stel de boorkern samen door de petriplaten op elkaar te stapelen. De onderste petrischaal is het diepste sedimentstaal, het bovenste het ondiepste. Gezien het feit dat hoe dieper je gaat, hoe ouder je staal wordt; zal de onderste petrischaal het oudste sedimentstaal zijn en het bovenste het jongste.
- Kleur het bijhorende diagram volgens de diatomeeënsamenstelling die in elke petriplaat voorkomt. Tel hiervoor in elk petrischaaltje voor elke kleur het aantal kralen en kleur overeenkomstig met het aantal kralen het aantal bolletjes. Kleur eerst de roze, dan de gele, dan de groene en tenslotte de paarse bolletjes.
- Verbindt de roze bolletjes met een lijn, je bekomt zo een curve met op de X-as de ouderdom en op de Y-as het aantal diatomeeën per soort. Vul verder het werkblad aan.
- Bereken voor de dieptes 1000 jaar BP, 4000 jaar BP en 7000 jaar BP de gewogen gemiddelde temperatuur (T_m) a.d.h.v. de bovenstaande tabel en vul ze in de tabel op je werkblad in.
- Analyseer jullie bevindingen aan de hand van de bijkomende vraagjes.
- Concludeer en ga verder met de toepassingen.
- Bereid jullie wetenschapsteam voor op een presentatie voor de hele klas.

Experiment: Sporen uit het verleden

Werkblad

Waarnemingen



Hoe varieert het klimaat in dit experiment doorheen de tijd? Of m.a.w. beschrijf het verloop van de curve.

.....

.....

.....

.....

Experiment: Sporen uit het verleden

Werkblad

Vul de tabel aan.

	↑	Maximum	↓	Minimum	↑	Maximum
Ouderdom (jaar BP)						
Warm of koud klimaat						

Vul de tabel aan.

Ouderdom (jaar BP)	$n_{\text{rose}} * T_{\text{o,rose}}$	$n_{\text{goud}} * T_{\text{o,goud}}$	$n_{\text{groen}} * T_{\text{o,groen}}$	$n_{\text{paars}} * T_{\text{o,paars}}$	n_{totaal}	T_m (°C)
1000						
4000						
7000						

Vergelijk de gewogen gemiddelde temperaturen van de twee warmste periodes. Wanneer was het het warmst?

.....

Analyse van de resultaten

De curve toont voor twee ouderdommen hetzelfde maximum, terwijl de gewogen gemiddelde temperaturen voor deze ouderdommen verschillend zijn. Hoe verklaar je dit?

.....

.....

.....



Experiment: Sporen uit het verleden

Werkblad



Conclusie

Is je hypothese correct? Indien niet, verklaar.

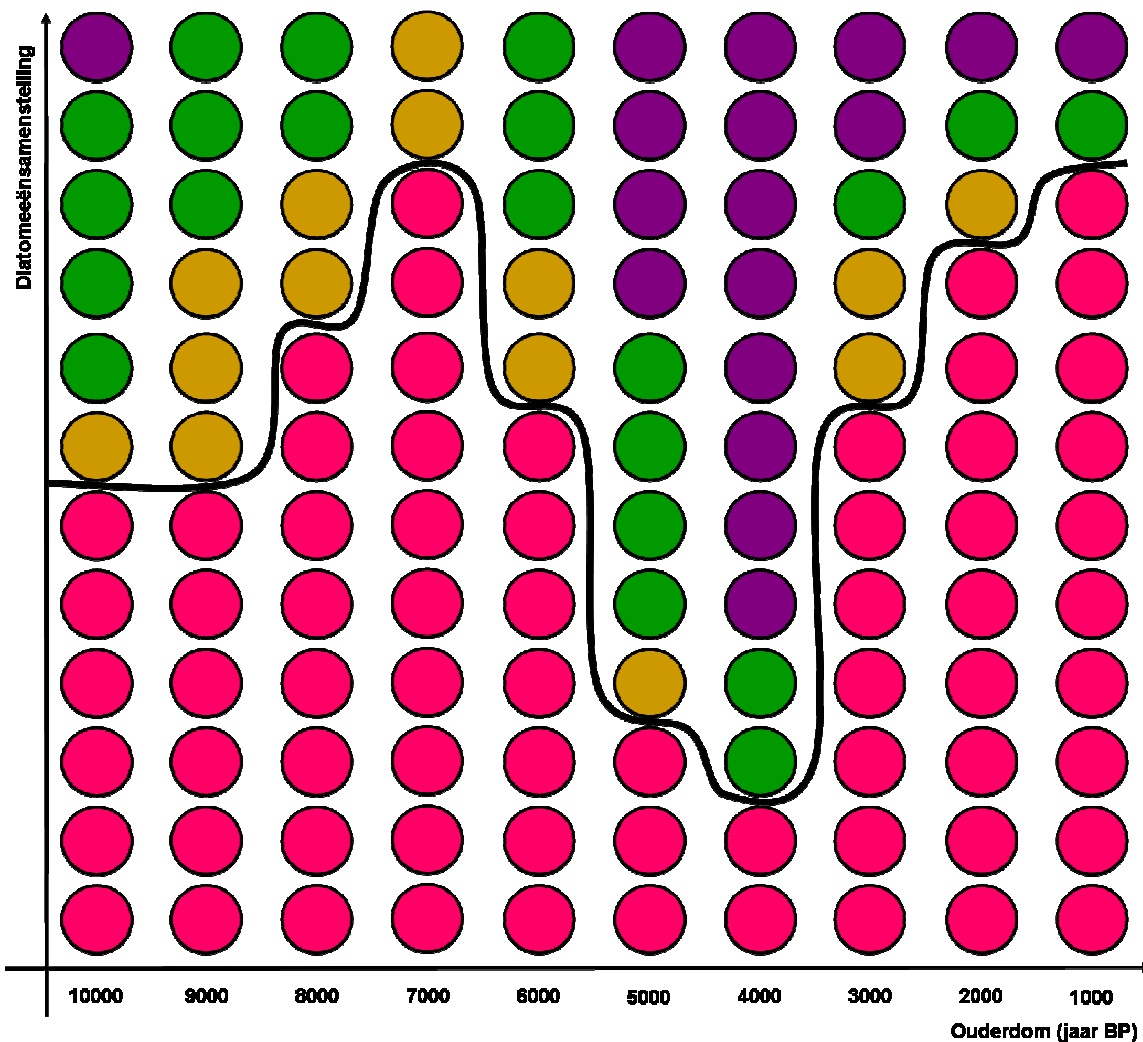
Toepassing op de poolstreken

In de poolstreken boren paleoklimatologen in het ijs, zo bekomen ze ijsboorkernen. Ze gebruiken dezelfde basisprincipes om het klimaat te reconstrueren. Welke proxies, aanwezig in het ijs, onderzoeken ze hiervoor?

Waar zou men een ijsboring moeten maken als men zover mogelijk wil teruggaan in het verleden? In de ijskap van Groenland of die van Antarctica? Verklaar je keuze.

Experiment: Sporen uit het verleden

De antwoorden van het werkblad



Ouderdom (jaar BP)	$n_{\text{rose}} * T_{\text{o,rose}}$	$n_{\text{goud}} * T_{\text{o,goud}}$	$n_{\text{groen}} * T_{\text{o,groen}}$	$n_{\text{paars}} * T_{\text{o,paars}}$	n_{totaal}	T_m (°C)
1000	200	0	10	5	12	17.9
4000	40	0	20	40	12	8.3
7000	200	30	0	0	12	19.2

Experiment: Sporen uit het verleden

De antwoorden van het werkblad

Waarnemingen

Eerst was er een warme periode, daarna een koude periode en tenslotte heerste er weer een warm klimaat.

	↑	Maximum	↓	Minimum	↑	Maximum
Ouderdom (jaar BP)		7000		4000		1000
Warm of koud klimaat		Warm klimaat		Koud klimaat		Warm klimaat

7000 jaar BP

Analyse van de resultaten

De gewogen gemiddelde temperatuur houdt rekening met alle diatomeeënsoorten aanwezig in elk staal, terwijl de getekende curve enkel kijkt naar de variatie in de rose diatomeeënsoort. De curve geeft geen informatie over de exacte temperatuur maar geeft wel een indicatie of het over een warme of koude periode gaat.

Toepassing op de poolstreken

Luchtballen en stofdeeltjes die in het ijs gevangen zitten zijn de proxies. Zij zeggen iets over het klimaat in het verleden op het moment dat het ijs gevormd werd. (ook vulkanische assen, radio- of stabiele isotopen)

De Antarctische ijskap, aangezien deze dikker is dan die van Groenland. (gem. 5 km tov gem. 2.2 km).

