



KLAS ZERO EMISSIE

EXPERIMENTEN
ROND
KLIMAATVERANDERING



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.



INTERNATIONAL
POLAR
FOUNDATION

VOORWOORD

Dit experimentenboek is speciaal ontwikkeld voor leerlingen van de 3^e graad. A.d.h.v. dit boek kan u samen met uw 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 onderzoekscompetenties 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 voor leerlingen van 10 tot 18 jaar en studenten van de lerarenopleiding en navormingssessies voor leerkrachten organiseert.

De experimenten zijn opgebouwd rond 5 thema's (zie tabel) en vertellen samen één verhaal (zie chema op pagina 4). 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 BIJDAGEN 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.
THERMOHALIENE 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 SCHELPIEDEREN	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 DIATOMEËËNSOORTEN IN EEN SEDIMENTKERN.



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

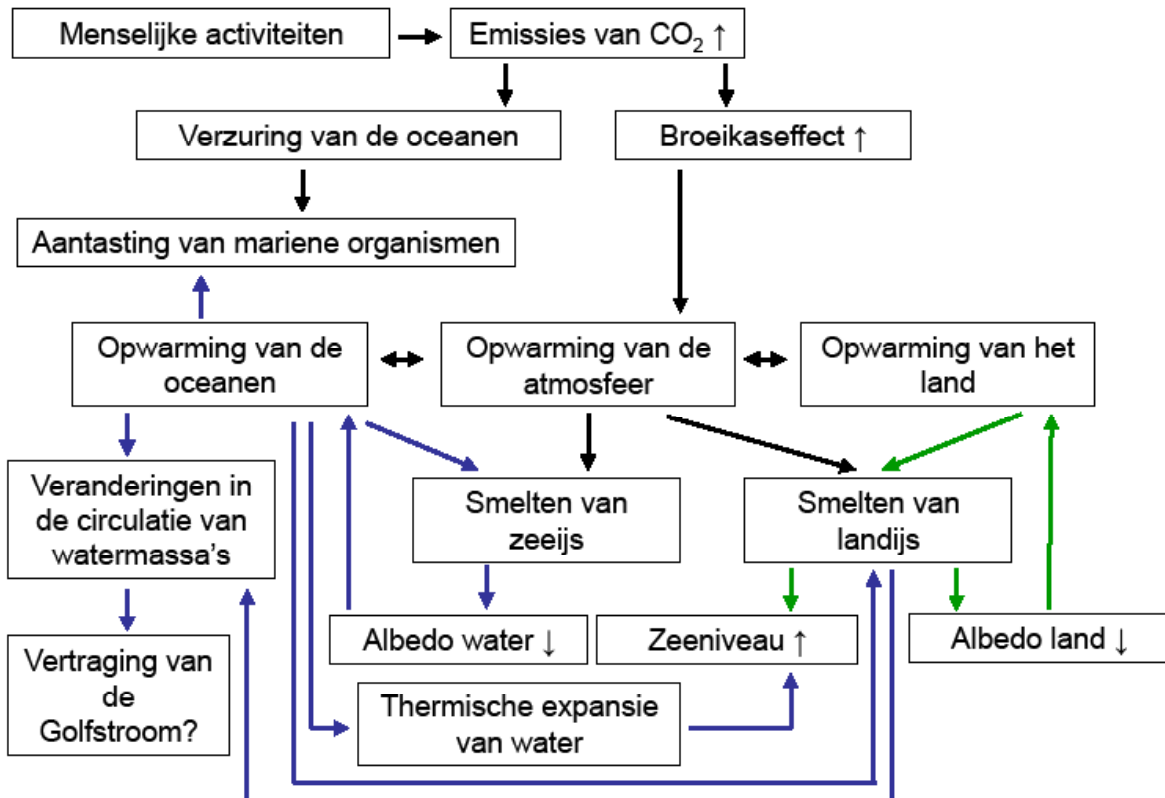
- pedagogisch dossier - 'Klimaatverandering (1/2): Wat weten we?'
- pedagogisch dossier - 'Klimaatverandering (2/2) : gevolgen voor de wereld en de poolgebieden'
- digitale animatie - 'De mens, slachtoffer en verantwoordelijke van de huidige klimaatverandering'
- digitale animatie - 'De poolgebieden,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

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

Wij wensen u en uw leerlingen veel plezier!

HUIDIGE KLIMAATVERANDERING

MET VERBAND TUSSEN DE DIVERSE FAKTOREN





INHOUDSTAFEL

1 // DE STIJGING VAN HET ZEEENIVEAU	06
<hr/>	
ACHTERGRONDINFORMATIE	
EXPERIMENT 1 : ALS HET IJS SMELT	
EXPERIMENT 2 : ALS HET WATER OPWARMT	
2 // ALBEDO	17
<hr/>	
ACHTERGRONDINFORMATIE	
EXPERIMENT 1 : ALBEDO EN TEMPERATUUR	
EXPERIMENT 2 : ALBEDO EN LICHT	
3 // THERMOHALIENE CIRCULATIE	33
<hr/>	
ACHTERGRONDINFORMATIE	
EXPERIMENT 1 : DENSITEITSVERSCHILLEN	
EXPERIMENT 2 : BEWEGING VAN WATERMASSA'S	
4 // VERZURING VAN DE OCEAAN	43
<hr/>	
ACHTERGRONDINFORMATIE	
EXPERIMENT 1 : MAG HET WAT ZUURDER?	
EXPERIMENT 2 : HET LOT VAN SCHELPDIEREN	
5 // PALEOKLIMATOLOGIE	55
<hr/>	
ACHTERGRONDINFORMATIE	
EXPERIMENT 1 : SPOREN UIT HET VERLEDEN	

THEMA 1

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 20^e eeuw 10 tot 20 cm is gestegen. Onderzoekers verwachten dat de zeespiegelstijging in de 21^e 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:

→ Figuur 1
Foto van
a. een ijskap ©
International Polar
Foundation – René
Robert en
b. pakijis ©
International Polar
Foundation – Alain
Hubert



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.

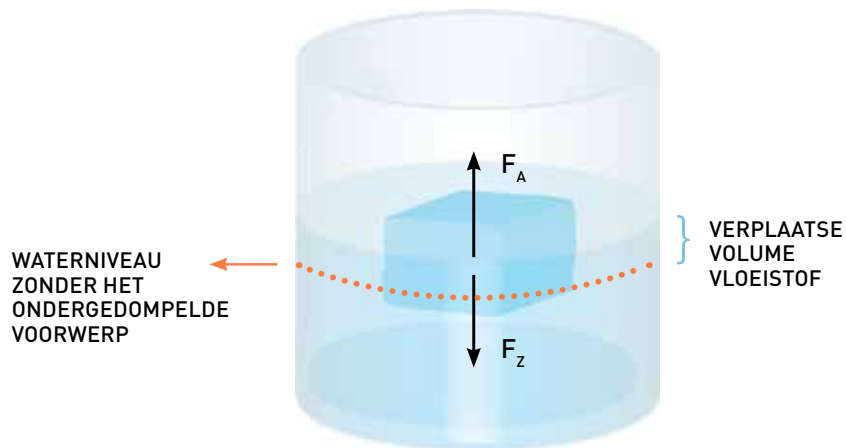
Pakijis of zeeijs

Pakijis 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 pakijis dikker kan worden. Dit is het geval in Arctica.

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 gelijk is aan de zwaartekracht (F_Z).

$$\rightarrow F_A = F_Z$$

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

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

m_{vl} = massa van de verplaatste vloeistof

m_{vl} = massa van het voorwerp

g = gravitatieconstante

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



EXPERIMENT 1.1

ALS HET IJS SMELT

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.
- Plaats 4 ijsblokjes op de steentjes.
- Voeg water toe, zorg wel dat de steentjes nog boven het water uitsteken.
- 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.

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 1.1

ALS HET IJS SMELT

WERKBLAD

HYPOTHESE

WAARNEMINGEN

Wat gebeurt er met het waterniveau in beide kommen?

ANALYSE VAN DE RESULTATEN

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?

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 1.1

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 (=A)
- De dichtheid van water is 1000 kg/m³.
- Een verandering van het volume van het zeewater ten gevolge van een stijging van het zeeniveau (ΔH) 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 1.1

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

$$\Delta H = \Delta V / S$$

afsmelten van de ijskap op Groenland :

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

$$\Delta V = 25,6 \cdot 10^{14} \text{ m}^3$$

$$\Delta H = 25,6 \cdot 10^{14} \text{ m}^3 / 361 \cdot 10^{12} \text{ m}^2$$

$$\Delta H = 7,09 \text{ m}$$

afsmelten van de ijskap op Antarctica :

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

$$\Delta V = 22,9 \cdot 10^{15} \text{ m}^3$$

$$\Delta H = 22,9 \cdot 10^{15} \text{ m}^3 / 361 \cdot 10^{12} \text{ m}^2$$

$$\Delta H = 63,43 \text{ m}$$

$$\Delta H \text{ total} = 7,09 \text{ m} + 63,43 \text{ m} = 70,52 \text{ m}$$

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 1.2

ALS HET WATER OPWARMT

BESCHRIJVINGSFICHE

DOELSTELLING

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

MATERIAAL

- 2 recipiënten
- 10 ijsblokjes
- water
- waterkoker
- 1 grote proefbuis gevuld met water, 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 recipiënten voor de helft met koud water en voeg de ijsblokjes toe.
- Vul het tweede recipiënt voor $\frac{3}{4}$ met warm water.
- Plaats de proefbuis vertikaal in het recipiënt met warm water, laat het even staan en observeer wat er gebeurt. Plaats de proefbuis vervolgens in het recipiënt 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 1.2

ALS HET WATER OPWARMT

WERKBLAD

HYPOTHESE

WAARNEMINGEN

Wat gebeurt er wanneer je de proefbuis 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.

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 :

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

wetende dat :
 $\Delta V = \alpha \cdot \Delta T \cdot V$

met :
 α = de thermische expansiecoëfficiënt
 ΔT = de verandering van temperatuur
 V = het volume

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

Antwoord :

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 1.2

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:

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

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

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

$$\Delta H = \alpha \cdot \Delta T \cdot H = 2,6 \cdot 10^{-4}/^{\circ}\text{C} \cdot 0,08 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot 700 \text{ m}$$

$$\Delta H = 0,015 \text{ m}/10 \text{ jaar}$$

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.

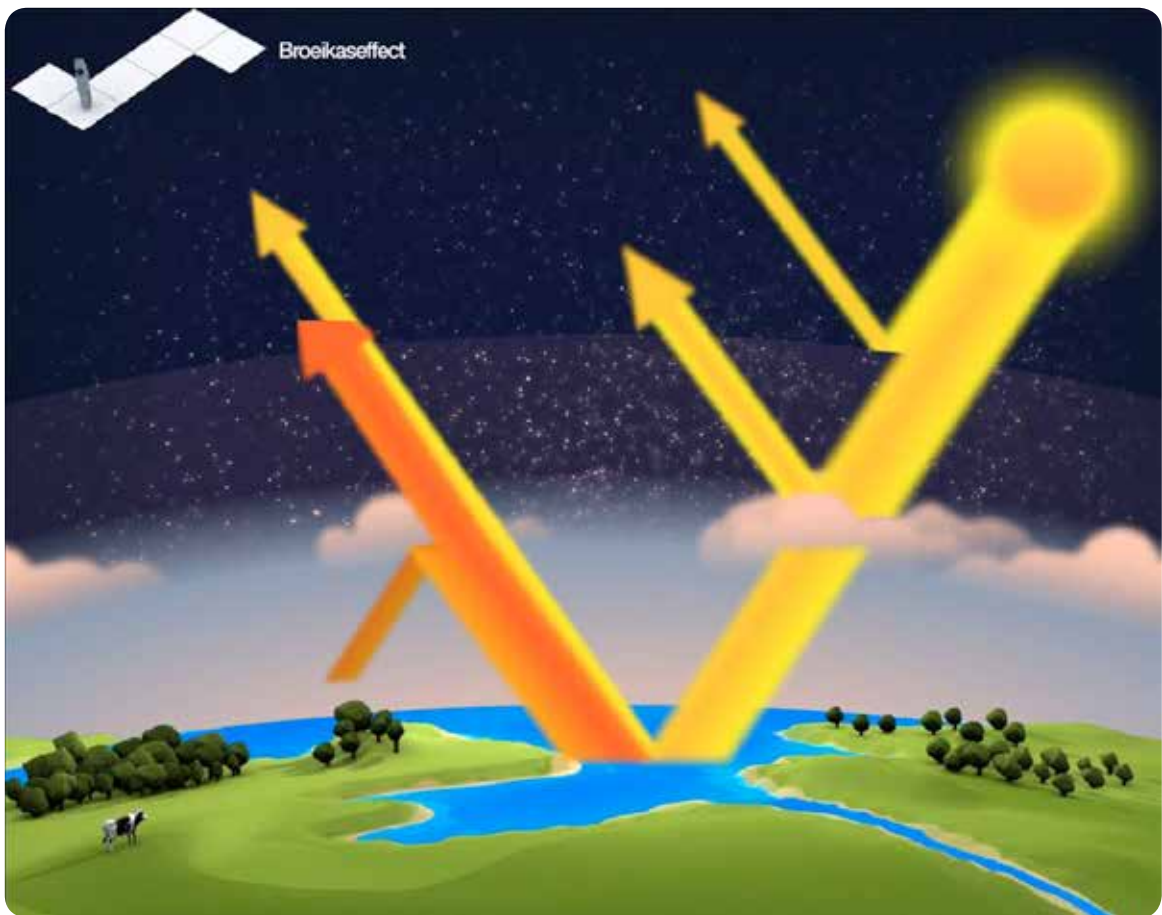
THEMA 2

ALBEDO

ACHTERGRONDINFORMATIEFICHE

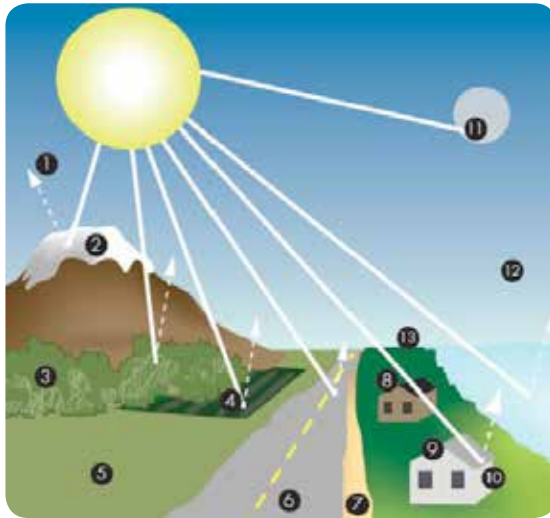
Wanneer zonnestraling op aarde invalt, wordt een deel van de energie geabsorbeerd door het aardoppervlak en een ander deel wordt teruggekaatsd in de atmosfeer. De ratio van gereflecteerde straling ten opzichte van inkomende straling wordt **albedo** (=A) genoemd.

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



→ Figuur 1. Voorstelling van het broeikaseffect (© International Polar Foundation – Flashanimatie '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.



01. albedowaarden (% teruggekaatst)
02. verse sneeuw (80 – 95 %)
03. bossen (10 -20 %)
04. graanvelden (10 – 25 %)
05. gras (25 – 30 %)
06. asfalt (bovenste zwarte laag : 5 – 10 %)
07. beton (droog : 17 – 27 %)
08. donker dak (8 – 18 %)
09. lichtgekleurd dak (35 – 50 %)
10. baksteen, steen (20 – 40 %)
11. de Maan (6 – 8 %)
12. water (10 – 60 %) (hangt heel sterk van hoogte van Zon af)
13. de Aarde (gemiddeld : 31 - 37 %)

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

Verschillende 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 **seizoenale 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 2.1

ALBEDO EN TEMPERATUUR

BESCHRIJVINGSFICHE

VRAAGSTELLING

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

MATERIAAL

- een witte en een zwarte metalen plaat geplakt op polystyreen
- 2 warmtebronnen (halogeen of gloeilampen) met hetzelfde vermogen en elk gericht op één van de metalen platen
- 2 thermometers die in het polystyreen zijn aangebracht net onder elke metalen plaat
- een chronometer
- een schrijfbord en stift

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 2.1

ALBEDO EN TEMPERATUUR

WERKBLAD

HYPOTHESE

OBSERVATIES

TIJD	TEMPERATUUR ZWARTE PLAAT (°C)	TEMPERATUUR WITTE PLAAT (°C)
STARTSITUATIE		
NA 30''		
NA 1'		
NA 1'30''		
NA 2'		
NA 2'30''		

ANALYSE

Wat is er gebeurd ?

Hoe verklaar je dit?



EXPERIMENT 2.1

ALBEDO EN TEMPERATUUR

WERKBLAD

CONCLUSIE

Is je hypothese waar of vals ?

.....

TOEPASSINGEN

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?

.....
.....

Zie toepassing van het experiment 'albedo en licht'

EXPERIMENT 2.1

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

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.

TOEPASSINGEN

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.

EXPERIMENT 2.2

ALBEDO EN LICHT

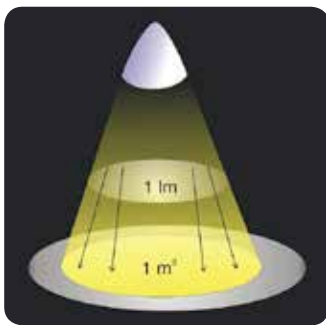
BESCHRIJVINGSFICHE

VRAAGSTELLING

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

MATERIAAL

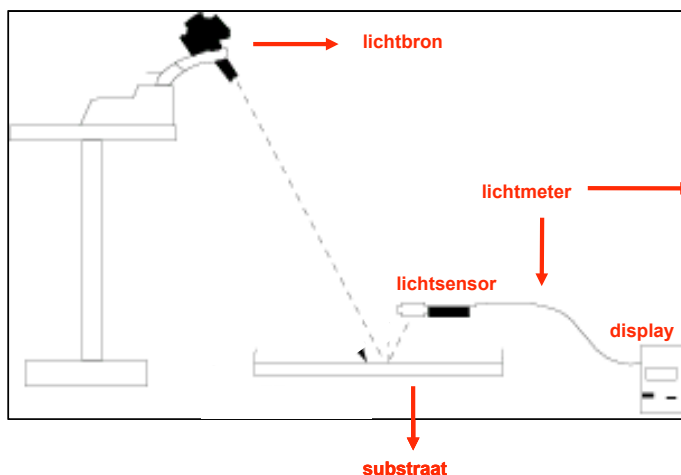
- diverse substraten geplakt op karton
- lichtbron (in donkere ruimtes)
- lichtmeter
- rekenmachine



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 **lumen/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.



WERKWIJZE - 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.

EXPERIMENT 2.2

ALBEDO EN LICHT

WERKBLAD

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 + NOPPENPLASTIEK (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: BOSAAARDE				
N°18: ZWART				
N°19: ALUMINIUMFOLIE (REPLICA)				
N°20: CALENDULA; GOUDSBLOEM				

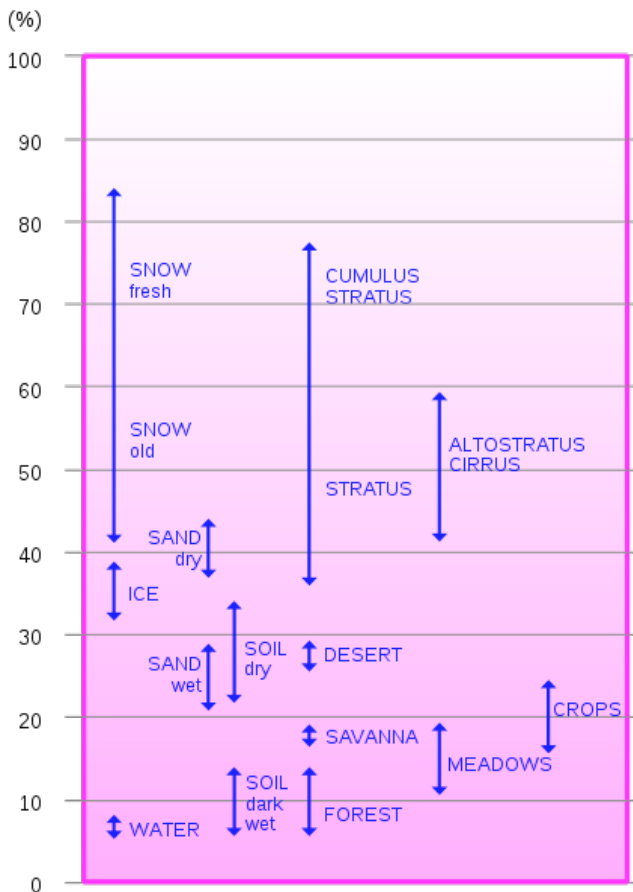
ANALYSE VAN DE RESULTATEN

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?





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 pakijts afsmelt?

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

EXPERIMENT 2.2

ALBEDO EN LICHT

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 (%)
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 + NOPPENPLASTIEK PLASTIC (LAKE)	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 zonneshijn).

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 PLASTIC (LAKE)	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.

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 pakijns 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?

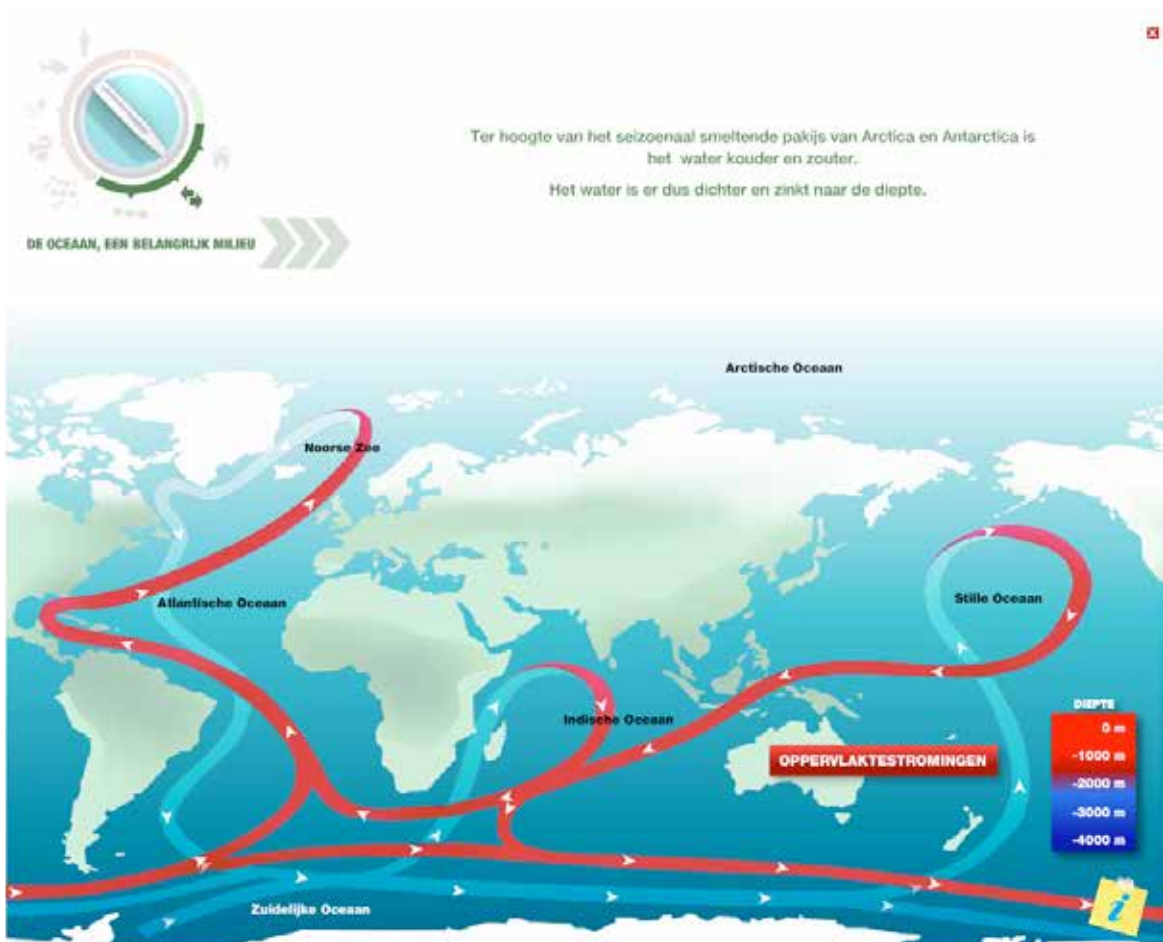
Naaldwouden (taiga) zijn donkerder dan grassen, struikgewassen en andere lage vegetatie, karakteristiek voor de toendra. Daarom zullen de minste veranderingen in de toendrastructuur het albedo van de regio veranderen.

THEMA 3

THERMOHALIENE CIRCULATIE

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:

$$\rho = m / V$$

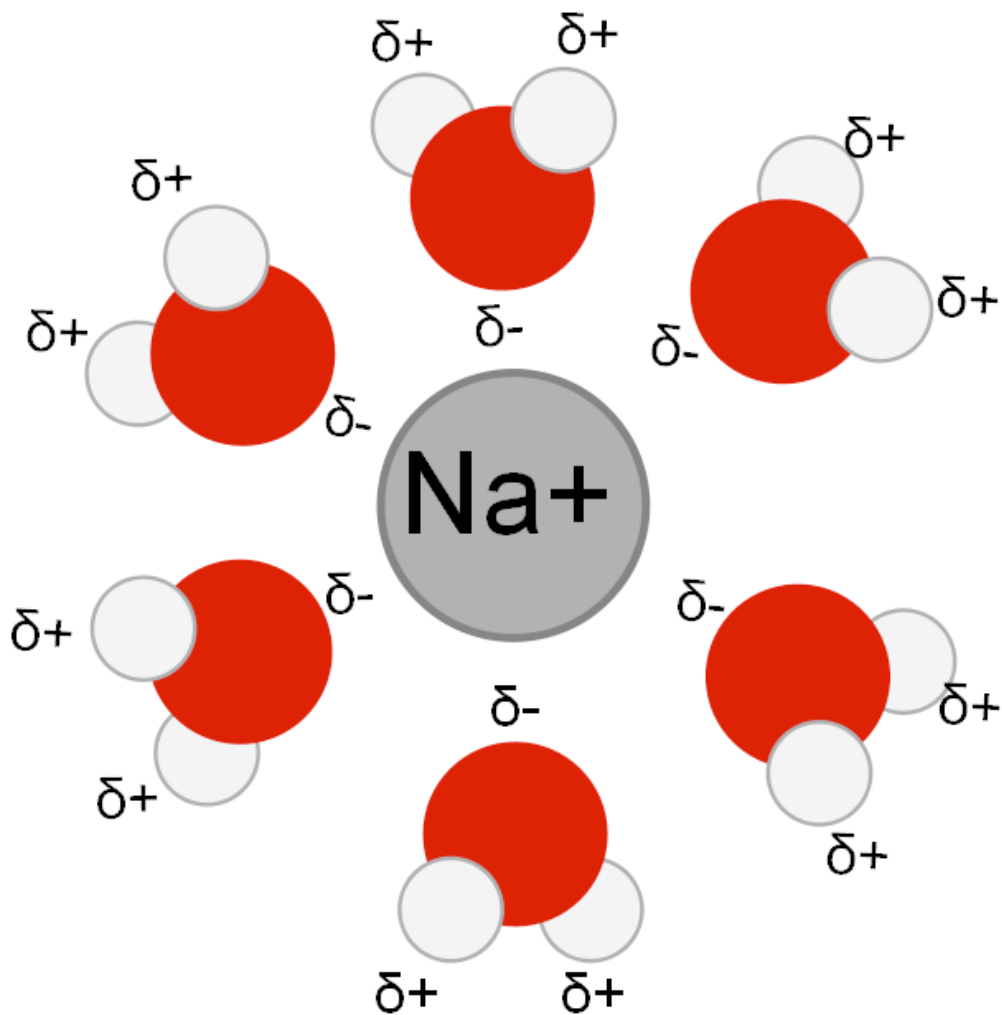
$$\rho = \text{dichtheid (kg/m}^3\text{)}$$

$$m = \text{gewicht (kg)}$$

$$V = \text{volume (m}^3\text{)}$$

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.

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 **oceanwater** ligt rond de **35 psu**.

EXPERIMENT 3.1

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

- Vul de maatcilinder met koud water (250ml).
- 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 (125ml).
- Vul de maatcilinder aan met warm water (tot 250ml).
- 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 3.1

DICHTHEIDSVerschillen

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	



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 hypothesen? Indien niet, leg uit.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

EXPERIMENT 3.1

DICHTHEID EN TEMPERATUUR

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 3.2

CIRCULATIE VAN WATERMASSA'S

BESCHRIJVINGSFICHE

ONDERZOEKSVRAGEN

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

MATERIAAL

- bak
- water
- plastic zakje
- koelelementen
- halogeen of gloeilamp
- 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 afgekoeld 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.
- 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 3.2

CIRCULATIE VAN WATERMASSA'S

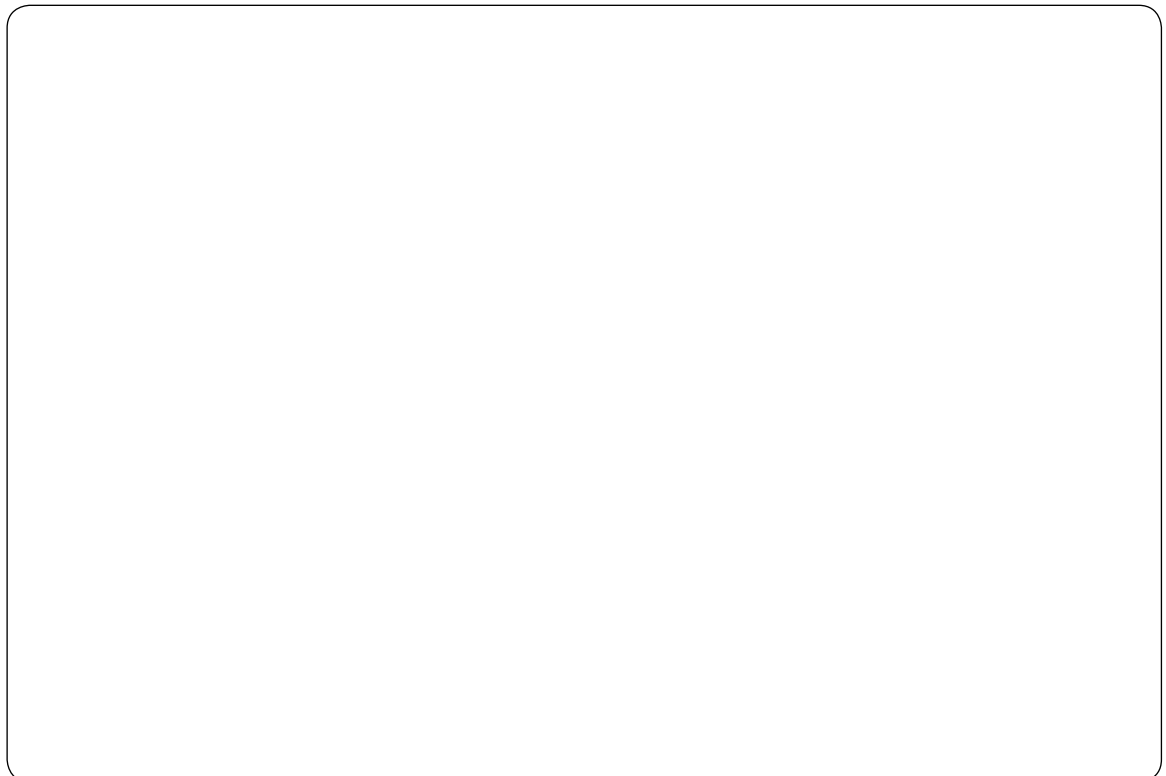
WERKBLAD

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





ANALYSE

Wat is de drijvende kracht achter de beweging?

(Tip : Denk terug aan het eerste deel van het experiment.)

Door welke parameters wordt deze grootte beïnvloed?

1)

2)

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

Klopt de hypothese? Indien niet, leg uit.

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 3.2

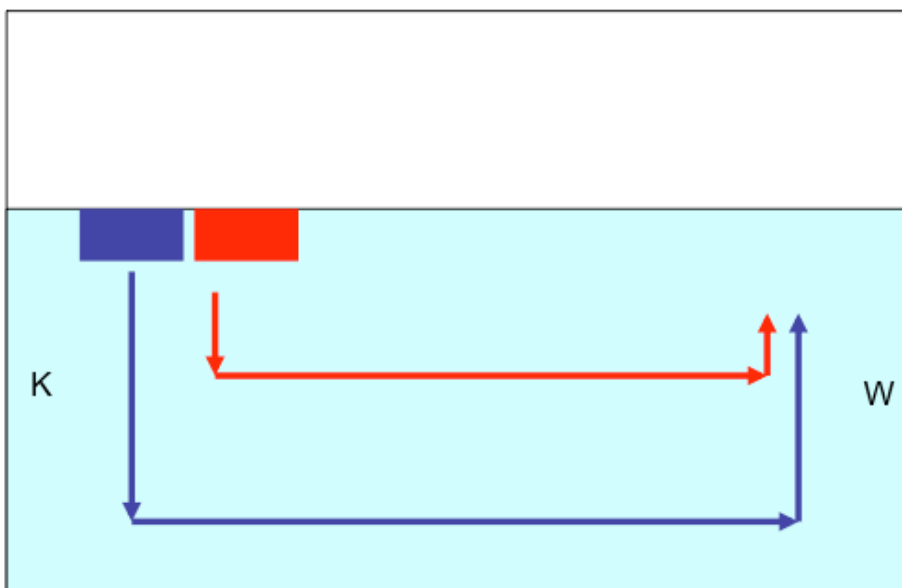
CIRCULATIE VAN WATERMASSA'S

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 massadichtheid
Temperatuur en zoutgehalte

TOEPASSINGEN

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

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

- Invloed van 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 massadichtheid krijgt en zal zinken. Dit komt doordat zout weinig oplosbaar is in ijs, de zoutionen kunnen zich niet integreren in de kristalstructuur.

THEMA 4

VERZURING VAN DE OCEAAN

ACHTERGRONDINFORMATIEFICHE

Zo'n 70% van de aarde is bedekt met water. **Oceanen** spelen dan ook een cruciale rol in het klimaatsysteem. Daarnaast spelen ze ook een belangrijke rol in de koolstofcyclus. Doordat koolstofdioxide (**CO₂**) oplosbaar is in water, vinden er natuurlijke uitwisselingen plaats tussen de atmosfeer en de oppervlakte van oceanen tot er een evenwicht bereikt is. Door menselijke activiteiten sinds de Industriële Revolutie is de concentratie aan CO₂ in de atmosfeer sterk toegenomen, waardoor er een omgekeerde beweging tot stand is gebracht: nu zijn de oceanen een **verzamelput** van CO₂ geworden. De opname van CO₂ door oceaانwater is het sterkst in de poolgebieden. Dit komt omdat de oplosbaarheid van gassen (en dus ook CO₂) in water stijgt bij dalende temperatuur.

De opname van CO₂ beïnvloedt de **zuurtegraad** van de bovenste oceaanlagen. 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⁺). Hoe hoger de H⁺-concentratie, hoe lager de pH, hoe zuurder de oplossing, en dus hoe groter de zuurtegraad.

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

met [H⁺] = de concentratie waterstofionen (mol/l)

> Hoe hoger de concentratie aan H⁺ ionen, hoe lager de pH. Een vloeistof met een pH hoger dan 7 wordt een basische vloeistof genoemd; een vloeistof met een pH lager dan 7 wordt een zure vloeistof genoemd. 7 betekent neutraal.

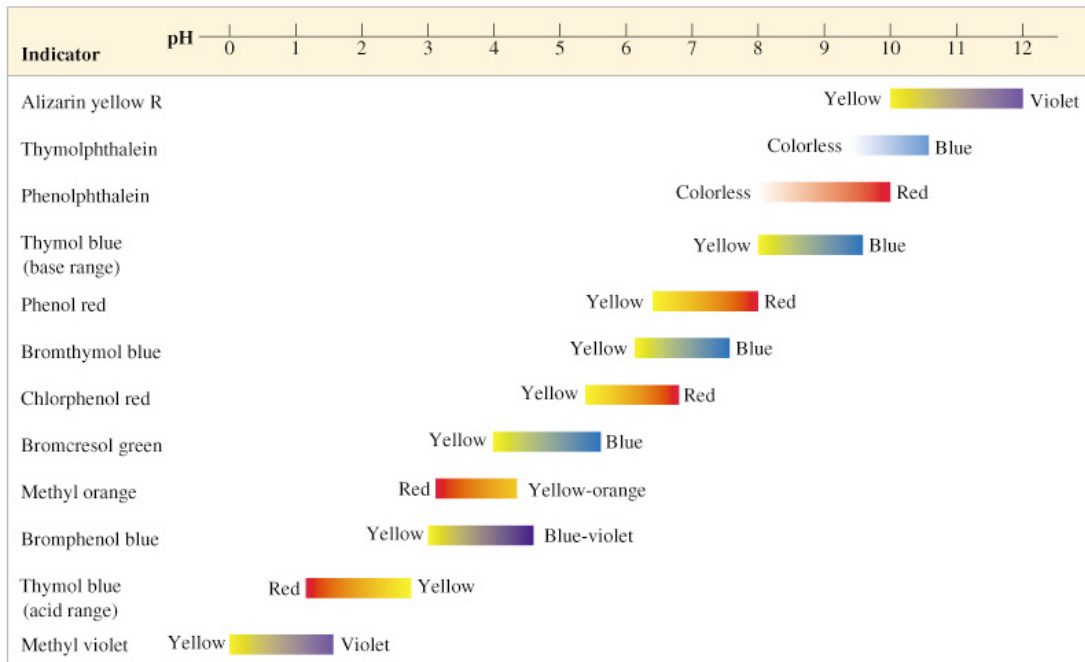
enkele voorbeelden illustreren dit :

azijn
melk
kalk
ammoniak

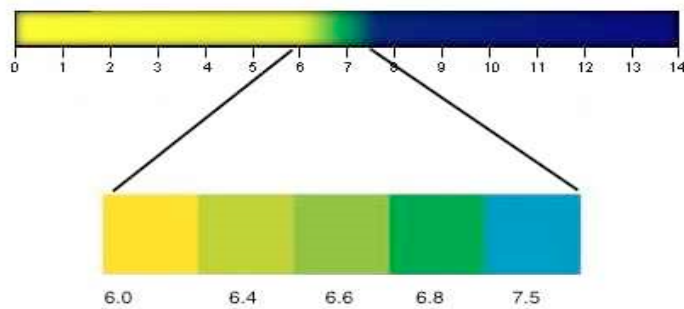
pH = 3,5
pH = 6,5
pH = 8,2
pH = 11,8

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. De volgende figuren geven enkele voorbeelden van indicatoren weer met hun bijhorend omslaggebied en kleur in zure en basische vorm. Er is ook een detailweergave voor **broomthymolblauw** weergegeven.



→ pH-indicatoren met hun bijhorend omslaggebied en kleur in zure en basische vorm.



→ Figuur die de kleur van broomthymolblauw versus de pH aangeeft

De opname van CO_2 door de oceaan vormt **een bedreiging voor mariene organismen met skelet of schaal opgebouwd uit calciumcarbonaat ($CaCO_3$)**, zoals mosselen, kokkels, zeesterren, koralen,...

EXPERIMENT 4.1

MAG HET WAT ZUURDER?

BESCHRIJVINGSFICHE

ONDERZOEKSVRAGEN

Wat is de invloed van CO₂, geabsorbeerd door het water, op de pH van het water?
Wat is de invloed van de temperatuur van water op de absorptie van CO₂?

MATERIAAL

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

WERKWIJZE - AAN DE SLAG!

- Voorspel of de absorptie van CO₂ 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 CO₂. 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 geef de data onder het veld referentie in de tabel van het invulblad in.
- 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 4.1

MAG HET WAT ZUURDER?

WERKBLAD

HYPOTHESE 1

HYPOTHESE 2

WAARNEMINGEN

Vul de tabel in. Noteer de kleur en de pH van het water in 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

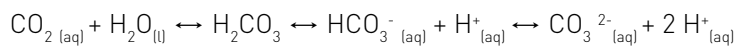
Wat gebeurt er met de zuurtegraad wanneer men in het glas blaast?

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

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.

TOEPASSINGEN

Zal de oceaan de komende eeuw zuurder of basischer worden door de verhoogde uitstoot van CO_2 ? 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 CO_2 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 4.1

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 een grotere opname van CO₂ door de oceaan waardoor de pH van het oceaanwater zal dalen.

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



De oceanen in de poolstreken. kouder water → oplosbaarheid CO_2 stijgt → pH zeewater daalt

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

EXPERIMENT 4.2

HET DROEVIGE LOT VAN SCHELPIEDIEREN

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 4.2

HET DROEVIGE LOT VAN SCHELPIEDIEREN

WERKBLAD

HYPOTHESE

WAARNEMINGEN

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

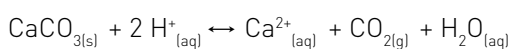
ANALYSE VAN DE RESULTATEN

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? 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.

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 grauw uit. Hoe komt dit? Door wat worden ze aangetast?

EXPERIMENT 4.2

HET DROEVIGE LOT VAN SCHELPIEDIEREN

DE ANTWOORDEN VOOR HET WERKBLAD

HYPOTHESE

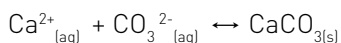
Een lage pH zal de schelpen aantasten.

WAARNEMINGEN

De schelpen beginnen te bruisen.

ANALYSE VAN DE RESULTATEN

calciumcarbonaat (CaCO₃)



Een zure oplossing, het staat H⁺ ionen af

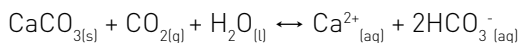
Het wordt opgelost. De schelpen worden dunner en bijgevolg brozer.

Het gas CO₂ dat vrijkomt.

Een gas lost beter op in een koude vloeistof dan in warme vloeistof. Dus in een warme oplossing zal er minder CO₂ opgelost worden en zal er meer CO₂ verdwijnen in de lucht.

TOEPASSINGEN

Ja. Hun kalkskelet of kalkschelp wordt vatbaarder om opgelost te worden.



kouder water > oplosbaarheid CO₂ stijgt > 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.

THEMA 5

PALEOKLIMATOLOGIE

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:

$$T_m = [(n_{S1} \cdot T_{o,S1}) + (n_{S2} \cdot T_{o,S2}) + (n_{S3} \cdot T_{o,S3}) + (n_{S4} \cdot T_{o,S4})] / (n_{S1} + n_{S2} + n_{S3} + n_{S4})$$

T_m = gewogen gemiddelde temperatuur (°C)

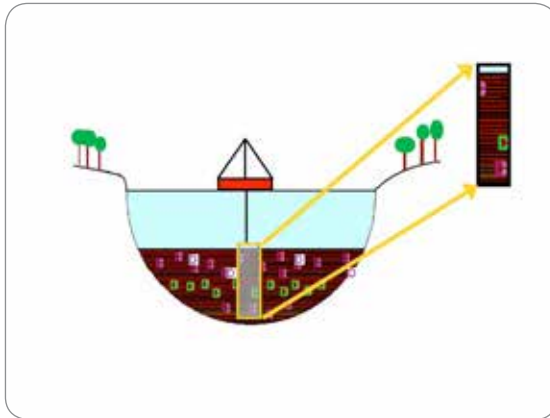
S_n = diatomeeënsoort

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

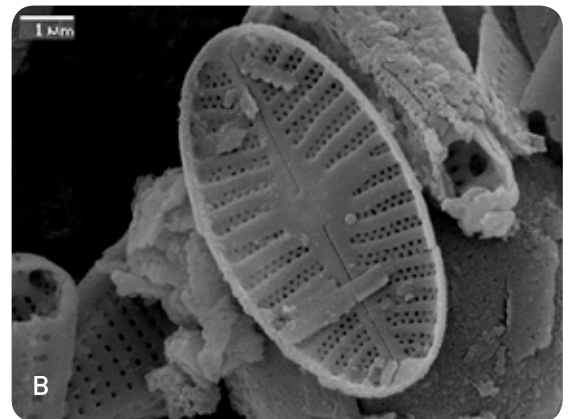
n_{Sn} = aantal diatomeeën van een bepaalde soort

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 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 5

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_0).

DIATOMEEËNSOORT	T_0 (°C)
ROOS	20
GOUD	15
GROEN	10
PAARS	5

- rekenmachine

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.
- 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 toegevoegde tabel.
- 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.



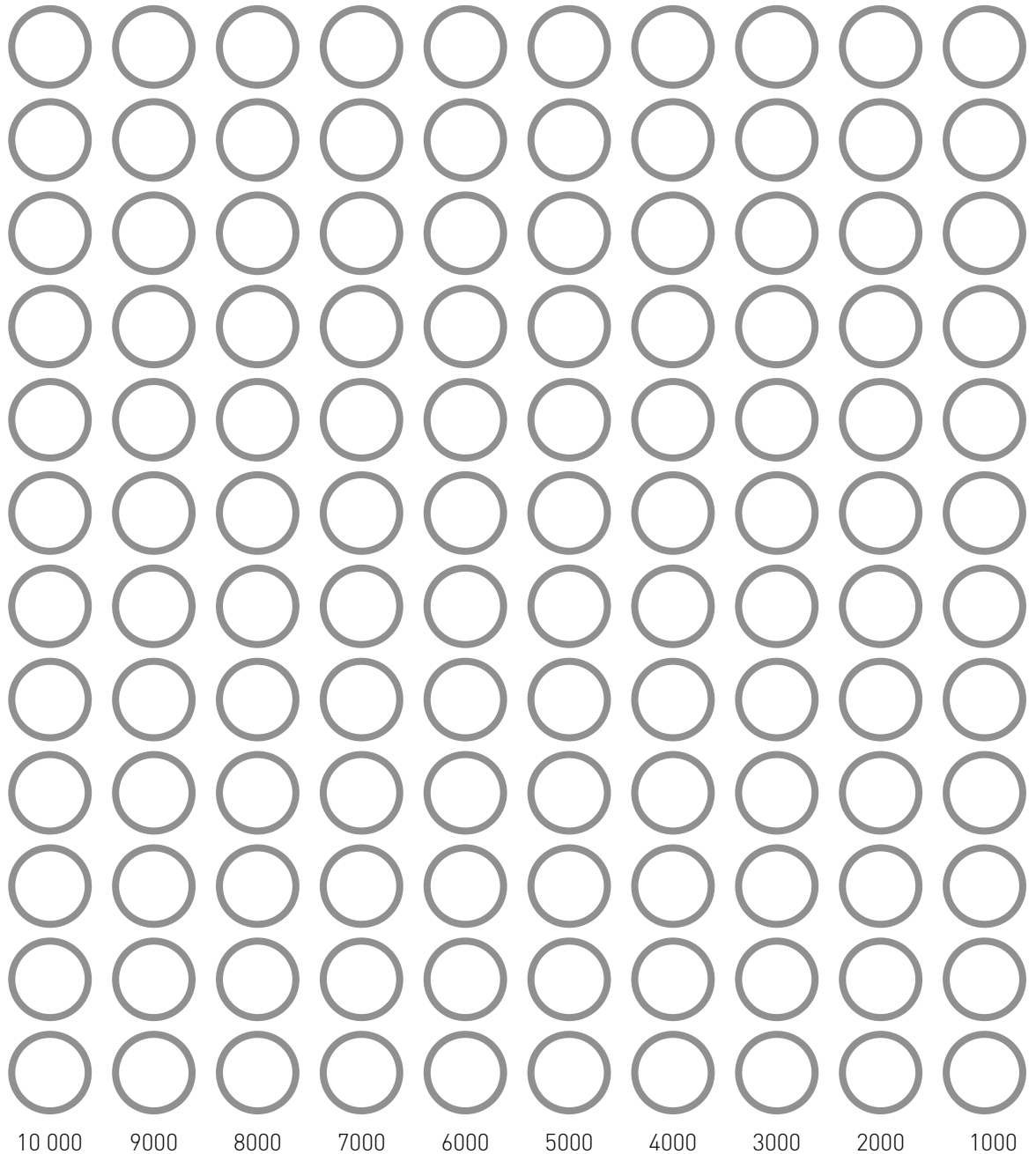
EXPERIMENT 5

SPOREN UIT HET VERLEDEN

WERKBLAD

HYPOTHÈSE

diatomeësmenstelling





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

.....

.....

.....

Vul de tabel aan.

	↑	MAXIMUM	↓	MINIMUM	↑	MAXIMUM
OUDERDOM (JAAR BP)						
WARM OF KOUD KLIMAAT						

Vul de tabel aan.

OUDERDOM (JAAR BP)	$N_{ROZE} * T_{O,ROZE}$	$N_{GOUD} * T_{O,GOUD}$	$N_{GROEN} * T_{O,GROEN}$	$N_{PAARS} * T_{O,PAARS}$	TM (°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?

.....

.....

.....



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 ijsskape van Groenland of die van Antarctica? Verklaar je keuze.



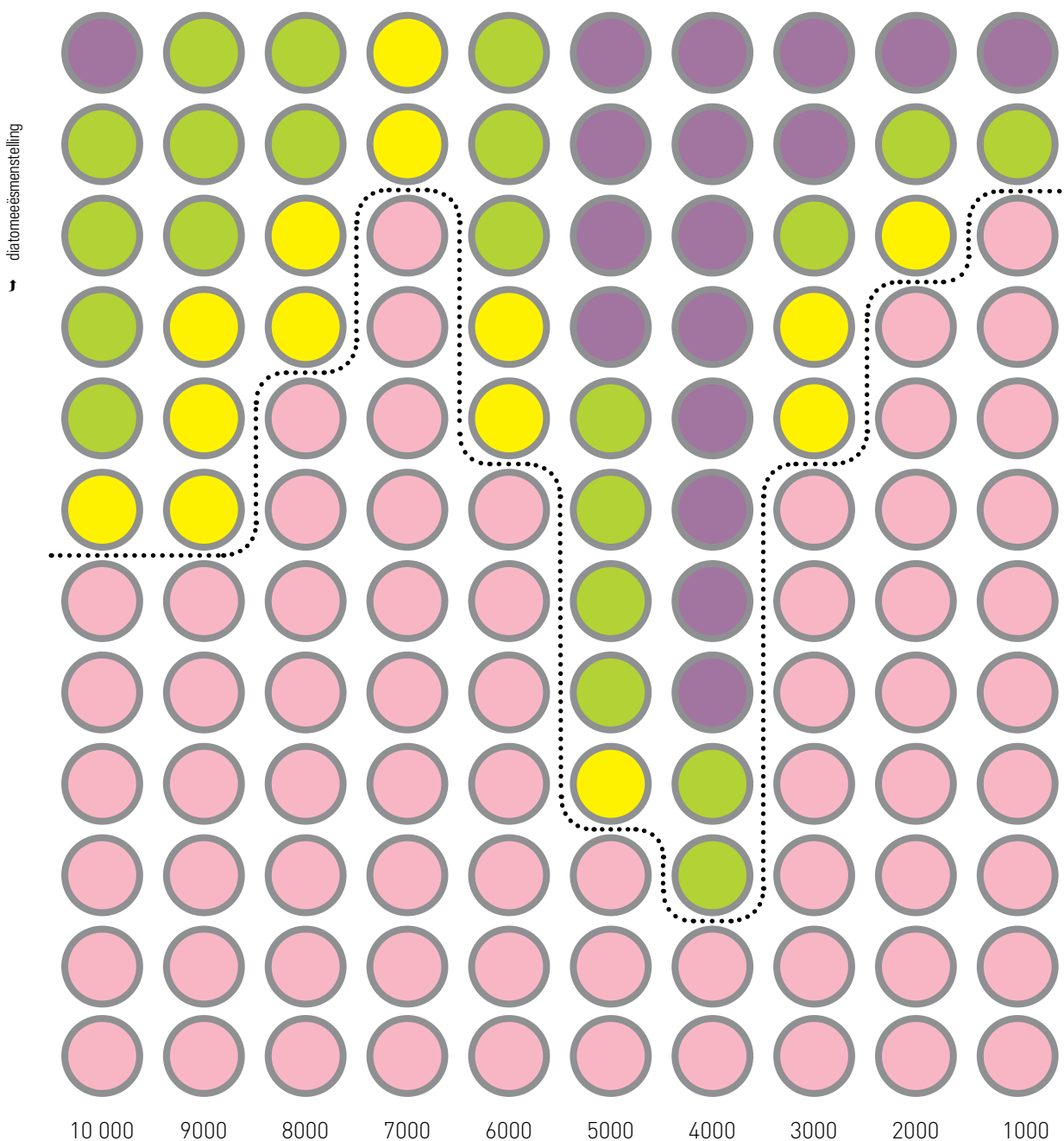
EXPERIMENT 5.1

SPOREN UIT HET VERLEDEN

DE ANTWOORDEN VOOR HET WERKBLAD

HYPOTHESE

Diatomeeën zijn goede proxy-indicaoren voor het klimaat in het verleden..



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

OUDERDOM (JAAR BP)	$N_{ROZE} * T_{O,ROZE}$	$N_{GOUD} * T_{O,GOUD}$	$N_{GROEN} * T_{O,GROEN}$	$N_{T,PAARS} * T_{O,PAARS}$	N_{TOTAAL}	TM (°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

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 roze 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

Luchtbellens 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).

© International Polar Foundation, 2013



INTERNATIONAL
POLAR
FOUNDATION