XperimenTA MAGAZINE

LICHT

EN DOORDENKERS!

met heel veel proefjes!

LICHT IS OVERAL OM ONS HEEN

Over zichtbaar èn onzichtbaar licht

ZONDER LICHT GEEN LEVEN

Toffe projecten om te doen met de klas

XperimenTA
XperimenTA is een maandelijkse onderzoeksmiddag voor kinderen in Enschede, georganiseerd door Twente Academy Young. Nieuwsgierige kinderen van 7 tot en met 12 jaar (groep 5-8) kunnen bij XperimenTA op een leuke en interactieve manier in contact komen met de verrassende wereld van wetenschap en technologie.

De deelnemers krijgen eerst een kindercollege van een echte wetenschapper (in de ruimste betekenis van het woord), daarna gaan ze op een spannende ontdekkingstocht door te proeven, te ruiken, te horen, te zien en te voelen. Ze gaan zelf aan de slag: groepjes rouleren langs proefjes, experimenten en andere spannende activiteiten die met het thema van het kindercollege te maken hebben.

Twente Academy Young
XperimenTA Magazine wordt gemaakt door Twente Academy Young (TAY); het Wetenschapsknooppunt van de Universiteit Twente.
TAY zorgt voor de verbinding tussen onderwijs en de wereld van wetenschap en technologie. Jonge kinderen zijn van nature nieuwsgieriger en avontuurlijker dan men vaak denkt. TAY wil deze verwondering levendig houden door samen met scholen voor primair en voortgezet onderwijs, Pabo's, science-centra en bedrijfsleven activiteiten te organiseren die de kennis en houding ten opzichte van wetenschap en techniek verbeteren. Naast de XperimenTA-middagen en het XperimenTA Magazine organiseert TAY collegetours, wedstrijden, labs en nog veel meer. **Voor meer informatie, zie: www.utwente.nl/pre-u/xperimenta-magazine**

SETD
Research Center for Science Education and Talent Development
UNIVERSITY OF TWENTE.

UNIVERSITY OF TWENTE.

TWENTE ACADEMY YOUNG

Aan XperimenTA Magazine werkten mee:
Initiatief, conceptontwikkeling en eindredactie:
Juliette Walma van der Molen (Universiteit Twente, Wetenschapsknooppunt Twente Academy Young en Center for Science Education and Talent Development (SETD))

Tekst, conceptontwikkeling en beeldselectie:
Meike Grol (www.17bomen.nl)

Projectleider XperimenTA & Twente Academy Young:
Anne van den Bos (Universiteit Twente, Wetenschapsknooppunt Twente Academy Young)

Tekst over 'Licht in de ruimte':
Govert Schilling (www.allesoversterrenkunde.nl)

Ontwerp, vormgeving, fotografie cover en beeldbewerking:
Vliegende Varkens concept | ontwerp | strategie (www.vliegendevarkens.nl)

Beeldverwerving en beeldbewerking:
Annelies Tielenburg (Universiteit Twente, Wetenschapsknooppunt Twente Academy Young)

Met dank aan:
Jennifer Herek, Mark Bentum, Joke de Boer, Kobus Kuipers, Jeroen van der Brugge, Michael Stech, Fokko Jan Dijksterhuis, Sonia Garcia Blanco, Herman Offerhaus, Annemarie Huijser.

'S MORGENS WORD JE WAKKER MET HET LICHT VAN DE ZON. 'S AVONDS DOE JE DE LAMPEN AAN. JE DENKT DAAR VAAK NIET EENS BIJ NA. HET IS HOOG TIJD OM DAT WEL TE DOEN. LICHT ZORGT ERVOOR DAT PLANTEN KUNNEN GROEIEN. DAARBIJ MAKEN DIE PLANTEN ZUURSTOF. ZUURSTOF HEB JE NODIG OM TE ADEMEN. ZONDER LICHT KUN JE DUS NIET LEVEN. ZONDER LICHT IS ER GEEN WARMTE EN GEEN VOEDSEL. HET ZORGT DAT WE ZIEN WAT WE DOEN. IN DIT MAGAZINE LATEN WE JE HEEL VEEL VERSCHILLENDE KANTEN VAN LICHT ZIEN: VAN HET NOORDERLICHT TOT DE REGENBOOG, VAN GLOEILAMPEN TOT LASERSTRALEN, EN VAN LICHT IN DE NATUUR TOT LICHT IN DE KUNST.

XperimenTA! MAGAZINE

INHOUDSOPGAVE

14 ... MAKEN

20 ... IN DE RUIMTE

26 ... IN DE NATUUR

32 ... DOOR DE EEUWEN HEEN

4 WAT IS ...

LICHT

38 ... IN DE KUNST

58 CULTUUR EN ...

52 ... EN LIJF

44 ... OP AARDE

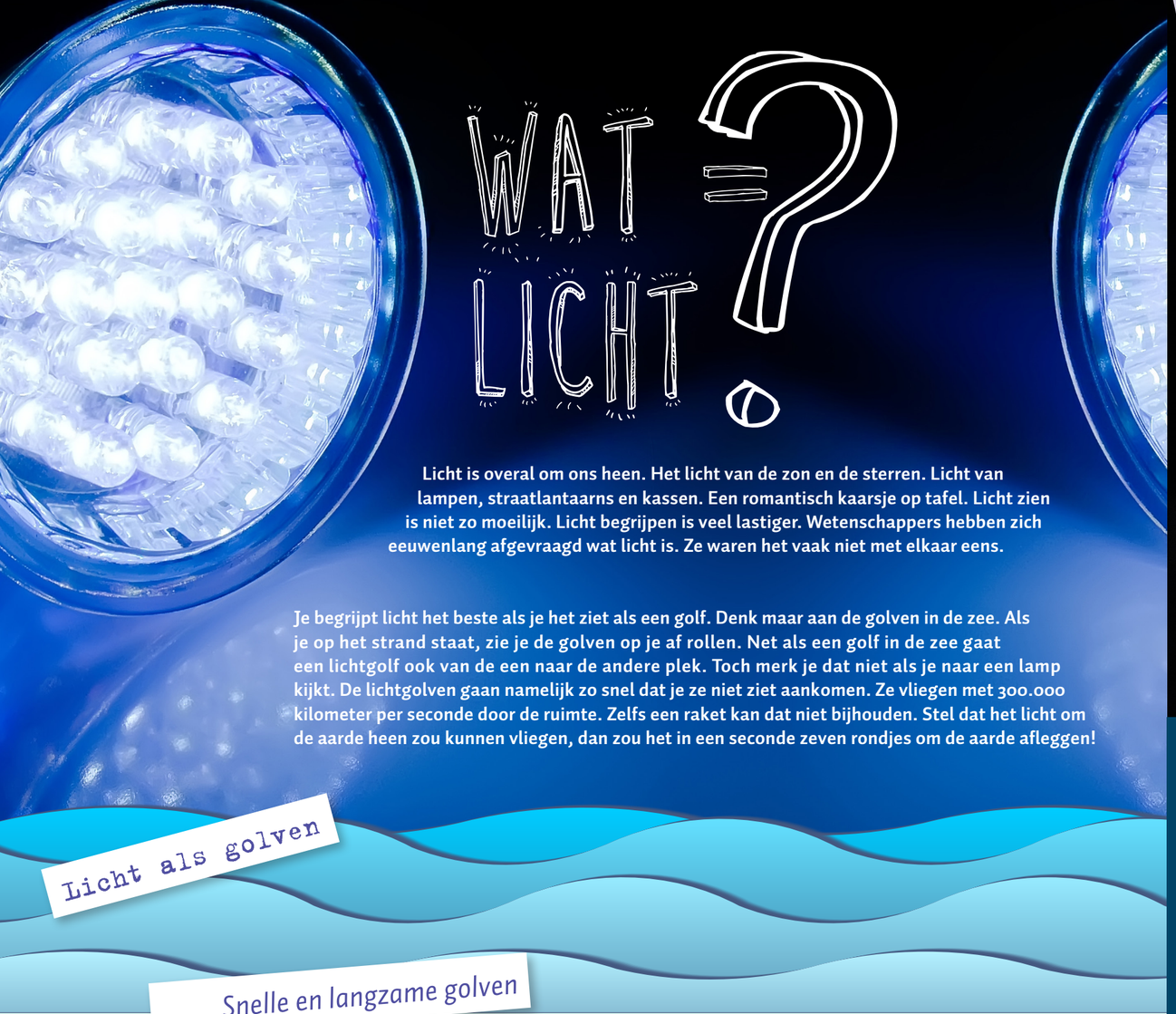
62 ... EN MAATSCHAPPIJ

XperimentTA is voor jou...

Bekijk je alles graag van verschillende kanten? Dan is XperimenTA Magazine echt iets voor jou. XperimentTA Magazine is gemaakt voor nieuwsgierige kinderen in de bovenbouw van de BASISSCHOOL en in de onderbouw van de MIDDELBARE SCHOOL. Elk magazine heeft zijn eigen thema. Deze keer gaat het over licht. Je kunt opzoeken wat licht is of hoe een lamp werkt, maar je kunt nog veel meer leren over licht. Pas als je een onderwerp van allerlei verschillende kanten bekijkt en zelf op onderzoek uitgaat, leg je nieuwe verbanden. Je krijgt daarmee meer kennis over licht. Bovendien leer je zelf experimenteren, creatief zijn en nieuwe vragen bedenken. Allemaal net zo belangrijk als goed kunnen rekenen of lezen. Daarom staan er op verschillende plekken in dit magazine proefjes (XperimenTeer) en denkvragen (Doordenkertjes) die je zelf of met je klas kunt doen. Hierboven zie je op welke manieren we naar licht gaan kijken: we beginnen links bovenaan (Wat is licht?) en behandelen met de klok mee elk onderwerp in de kring. Ga je mee op pad?

...en voor jou!

XperimenTA is ook een blad voor leerkrachten. Elk artikel kan de basis vormen voor een les over licht. Op verschillende plaatsen in het tijdschrift vind je opdrachten (Doen in de klas) en experimenten (XperimenTeer) die je in de klas kunt uitvoeren. Je zult zien dat je bij het werken met dit magazine automatisch lesstof behandelt die aansluit bij kerndoelen die je anders ook zou behandelen. Maar omdat je met dit magazine de verschillende onderwerpen in onderling verband bespreekt, daag je je leerlingen uit om vragen te beantwoorden (en te stellen!) die verder gaan dan de gebruikelijke lesstof. In ons onderwijs ligt veel nadruk op het onthouden, begrijpen en toepassen van informatie zonder dat er verbanden tussen verschillende contexten worden gelegd, terwijl kinderen op elk niveau heel goed in staat zijn om op een bredere, analytische, evaluerende en creatieve manier naar de stof te kijken. Achterin dit blad vind je meer uitleg om je te helpen je leerlingen daartoe uit te dagen. Grote kans dat je onderweg onderwerpen tegenkomt waar je weinig van weet. Dat is helemaal niet erg, dan zoek je het toch samen met je leerlingen uit? Samen experimenteren is veel leuker en leerzamer dan alleen een 'goed' antwoord opzoeken. De wetenschappers in dit blad weten ook nog heel veel niet; daarom doen ze juist onderzoek. Veel plezier op deze ontdekkingstocht!



WAT IS LICHT?

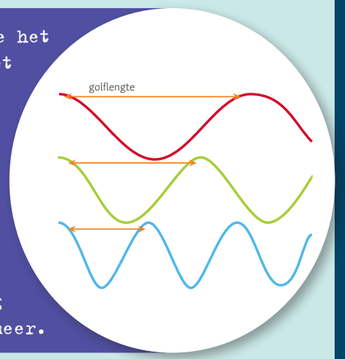
Licht is overal om ons heen. Het licht van de zon en de sterren. Licht van lampen, straatlantaarns en kassen. Een romantisch kaarsje op tafel. Licht zien is niet zo moeilijk. Licht begrijpen is veel lastiger. Wetenschappers hebben zich eeuwenlang afgevraagd wat licht is. Ze waren het vaak niet met elkaar eens.

Je begrijpt licht het beste als je het ziet als een golf. Denk maar aan de golven in de zee. Als je op het strand staat, zie je de golven op je af rollen. Net als een golf in de zee gaat een lichtgolf ook van de een naar de andere plek. Toch merk je dat niet als je naar een lamp kijkt. De lichtgolven gaan namelijk zo snel dat je ze niet ziet aankomen. Ze vliegen met 300.000 kilometer per seconde door de ruimte. Zelfs een raket kan dat niet bijhouden. Stel dat het licht om de aarde heen zou kunnen vliegen, dan zou het in een seconde zeven rondjes om de aarde afleggen!

Licht als golven

Snelle en langzame golven

Heb je weleens golven gemaakt met een heel lang lint? Als je het lint langzaam op en neer beweegt, krijg je grote golven met toppen die ver uit elkaar staan. Als je het lint snel op en neer beweegt, volgen de toppen elkaar sneller op. Als de afstand tussen de golven heel klein is, dan zeggen we dat de golf een korte golflengte heeft. Is de afstand heel groot, dan is de golflengte lang. Zo gaat het ook met lichtgolven. Er zijn heel veel soorten lichtgolven. Sommige hebben hele lange en andere hele korte golflengtes. De korte golven zien wij als blauw licht. De iets langere als rood. Als de golven nog langzamer of nog sneller worden, zien onze ogen ze niet meer.



ONZICHTBAAR LICHT

Op de plaat op de volgende dubbele pagina staan de verschillende soorten licht, ingedeeld naar golflengte. Links staat het licht met de langste golflengte. Rechts het licht met de kortste. We noemen die indeling het lichtspectrum. Bij 1 zie je het deel van het lichtspectrum dat wij mensen kunnen zien. Dat is maar een heel klein stukje van al het licht dat er is.

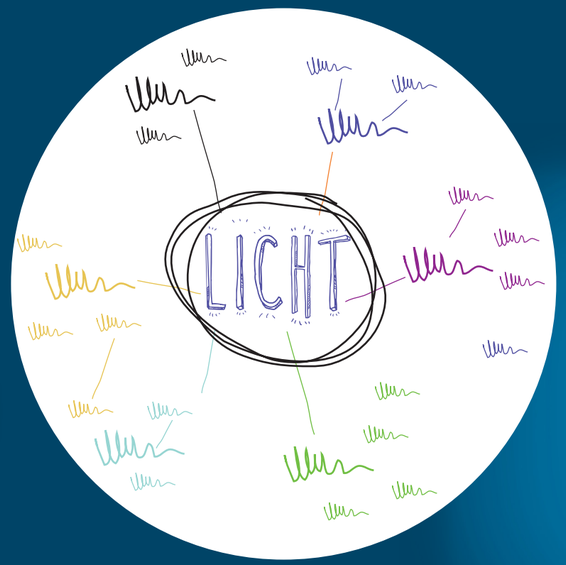
Als je in je bed ligt in een pikdonkere kamer, is er nog steeds licht om je heen. Je ziet het niet en toch bestaat het. Slimme wetenschappers hebben het onzichtbare licht weten te vinden. Daarom kunnen we er nu handige dingen mee doen. De televisie aanzetten met de afstandsbediening, bijvoorbeeld. Of surfen op het draadloze internet. Onzichtbaar licht wordt op steeds meer manieren gebruikt.

LICHT = ENERGIE

Vuur geeft licht en warmte. Net als de zon. Licht en warmte zijn allebei vormen van energie. Energie is wat iets of iemand nodig heeft om iets te kunnen doen. Meer over energie kun je lezen in ons vorige magazine, Zaboekie. Verschillende soorten licht bevatten ook andere hoeveelheden energie. Aan het lichtspectrum kun je zien hoeveel energie een bepaald soort licht heeft. Want hoe korter de golflengte van het licht, hoe meer energie het licht bevat.

Soms spreken we over straling of stralen als we over licht praten. Energie die wordt uitgezonden in de vorm van golven, noemen we (elektromagnetische) straling. Ook licht is energie in de vorm van een golf. En dus is licht ook straling.

DOEN IN DE KLAS!



Om mee te beginnen:

Waar denk jij aan bij het woord licht? Maak (alleen of met je vriend of vriendin, je broer of je klas) een mindmap. Dat gaat zo: neem een groot wit tekenvel en een paar gekleurde stiften. Zet het woord 'licht' in het midden. Teken er een cirkel omheen. Ga dan nadenken: Wat is licht? Welke soorten licht ken je? Waarvoor is licht belangrijk? Zet die onderwerpen rondom de cirkel. Verbind ze met de cirkel door er lijnen van verschillende kleuren tussen te trekken. Ga dan vanuit elk onderwerp verder verzinnen. Wat weet je van dit soort licht? Of wat zou je willen weten? Welke soorten lampen zijn er? Op welke plekken vind je die? Welke kleuren heeft licht? Gebruik ook tegenstellingen (licht – schaduw). Verbind wat met elkaar te maken heeft ook met lijnen. Zo krijg je een boom waarin alles staat wat je al weet van licht.

HET LICHT SPECTRUM

Begin hier met lezen!

1

Dit is het licht dat jouw ogen kunnen zien. Het is maar een heel klein deel van al het licht dat er is.

2

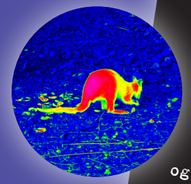
Ultraviolet licht (UV-licht) zit in zonnestralen. Wij mensen kunnen UV-licht niet zien. Het heeft namelijk een kortere golflengte dan zichtbaar licht. Maar veel dieren zien het UV-licht wel. Bijen gebruiken het bij het zoeken naar voedsel. Op pagina 30/31 lees je daar meer over. Jij ziet UV-licht niet. Toch merk je het effect van UV-licht wel. Teveel UV-straling is niet goed voor je huid. Daarom verbrand je als je te lang in de zon zit.

3

Heb jij weleens een röntgenfoto laten maken? Bijvoorbeeld bij de tandarts? Röntgenfoto's worden gemaakt met licht met een hoge energie. Zo hoog dat het door zachte weefsels, zoals je huid en je spieren, heengaat. Botten en tanden zijn hard genoeg om de stralen tegen te houden. Op een röntgenfoto zie je daarom je spieren niet en je botten wel. Vergelijk de golflengte van röntgenstralen eens met die van UV-licht en zichtbaar licht. Kunnen we röntgenstralen zien, denk je?

4

Mensen en dieren stralen warmte uit. Dat kun je voelen als je je hand vlakbij iemand houdt. Die warmte is ook een vorm van straling. We noemen de warmtestraling infraroodstraling. Het zit dicht bij het voor ons zichtbare rode licht. Maar de golflengte is net iets te lang voor onze ogen. We hebben een speciale kijker nodig om infrarood licht te zien. Hoe warmer iets is, hoe meer infrarood licht het uitzendt. Infraroodkijkers worden gebruikt door soldaten om 's nachts te zien of er iemand in het donker rondsluipt. Sommige slangen hebben een ingebouwde infraroodkijker. Superhandig.



5

Radiogolven hebben een nog grotere golflengte. Die kunnen we nooit zien. Maar wel horen: via de radio. Radiogolven worden uitgezonden via een antenne en ergens anders door een andere antenne weer opgevangen. Daar worden de radiogolven omgezet naar geluidsgolven. Zo kun je je lievelingsprogramma op de radio luisteren waar je maar wilt. Radiogolven kun je ook gebruiken om berichten te versturen, bijvoorbeeld tussen hulpdiensten of schepen. Ook je mobiele telefoon gebruikt radiogolven. Om informatie van je telefoon naar de zendmast vlakbij te sturen.

LICHTSTRALEN

Licht gaat altijd rechtdoor. Het kan niet om een hoekje schijnen. Dus als jij voor een lamp of in de zon gaat staan, dan worden de stralen door je lichaam tegengehouden. Ze kunnen niet om je heen en ook niet door je heen. Je lichaam houdt het licht tegen en achter je is het donker. Dan zie je je schaduw.

DOEN IN DE KLAS!

SCHADUWEN TEKENEN

Doe deze opdracht op een zonnige dag.

Ga 's morgens vroeg naar het schoolplein.

Maak tweetallen. Leerling 1 gaat in de zon staan. Waar zie je zijn of haar schaduw? En waar in de lucht staat de zon? Leerling 2 tekent de omtrek van de schaduw met stoepkrijt op de grond. Doe precies dit 's middags om 12.00u nog een keer. Op precies dezelfde plek. En nog een keer, om drie uur 's middags. Kijk dan naar de drie schaduwen die je met het stoepkrijt hebt getekend. Wat is het verschil? Hebben de schaduwen dezelfde vorm? Liggen ze op dezelfde plek? Hoe kun je aan de schaduw zien of het ochtend, middag of avond is?

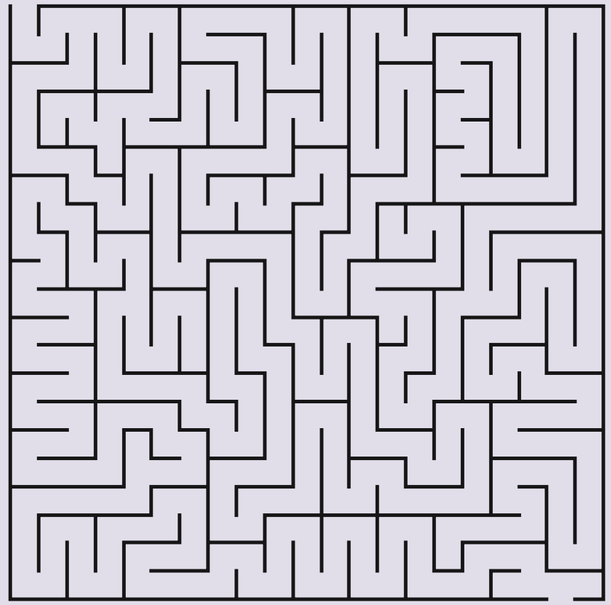
SPIEGELTJE, SPIEGELTJE AAN DE WAND

Licht gaat rechtdoor. Een lichtstraal kan niet uit zichzelf een hoekje om. Maar hij kan wel afbuigen als hij een voorwerp op zijn weg tegenkomt dat hem terugkaatst. Een spiegel bijvoorbeeld. Hij botst tegen het voorwerp aan en gaat daarna een andere kant op. We noemen dat weerkaatsing.

Weerkaatsing zorgt ervoor dat we voorwerpen kunnen zien. Elk voorwerp dat we zien, kaatst lichtstralen terug. Soms alle lichtstralen, soms maar een deel ervan. Als er geen lichtstralen terug zouden komen naar onze ogen, zouden we het voorwerp helemaal niet zien. Denk maar aan een glazen deur. Het licht gaat er doorheen. Daarom loop je er soms bijna tegenop. En als het donker is, zijn er geen lichtstralen. Er kan best een stoel in de kamer staan. Maar omdat er geen licht op weerkaatst dat jouw ogen bereikt, zie je de stoel niet.

De meeste vlakken zijn ruw. Ze hebben kleine bobbeltjes of kuiltjes. Lichtstralen die op die bobbeltjes botsen, worden in allerlei richtingen rondgestrooid. Maar een spiegel is heel vlak en glad. Een lichtstraal die van jou naar de spiegel gaat, wordt in een rechte lijn weer teruggestuurd. Dat maakt dat je jezelf in die spiegel kunt zien.

XperimenTeer!



SCHRIJVEN IN EEN SPIEGEL

Nodig: een pen en een spiegel

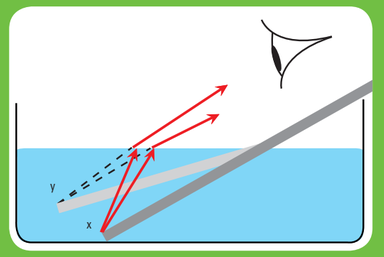
- Neem een spiegel die groot genoeg is om het doolhof hiernaast in te zien.
- Zet de spiegel op zijn kant naast het papier.
- Houd de spiegel met een hand rechtop of zet er iets achter ter ondersteuning.
- Teken met je andere hand de juiste weg door het doolhof.
- Je mag alleen in de spiegel kijken terwijl je dat doet.
- Waarom is dit zo moeilijk?

XperimenTeer!

LICHTBREKING

Doen: Vul een glazen bakje met water. Steek een potlood er schuin in. Wat zie je? Waardoor komt dit?

Hoe kan dat?
Lichtgolven bewegen in water met een andere snelheid dan in de lucht. Als een lichtstraal door de oppervlakte tussen twee verschillende stoffen gaat, verandert hij van richting. Dus als licht door de grens tussen lucht en water gaat, wordt het afgebogen.



Het stukje potlood boven het water ziet er gewoon uit. Maar waar het potlood in het water steekt, zie je een knik in het potlood. Alsof het gebroken is. Maar het potlood is nog steeds recht. Het is juist het licht dat gebroken is.

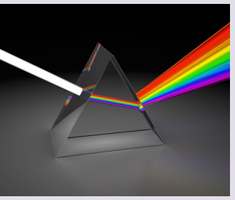
De lichtstralen komen niet meer rechtstreeks vanaf het potlood naar jouw oog, maar zijn onderweg van richting veranderd. Daardoor lijkt dat deel van het potlood ergens anders te zijn dan het is.

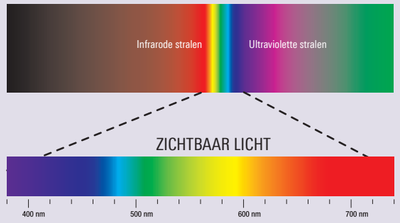
EEN WAAIER VAN KLEUR

Er zijn heel veel kleuren licht. Elke kleur licht heeft een andere golflengte. Rood heeft een wat langere, blauw een wat kortere. Toch zien we licht meestal als wit. Dat komt omdat het licht van verschillende golflengtes zich met elkaar vermengt. Dat mengsel van licht is wit.

Wit licht kan zich weer opsplitsen in verschillende kleuren licht. Denk maar aan een regenboog. Als het zonlicht door regendruppels valt, worden lichtstralen van verschillende golflengtes allemaal iets anders afgebogen. Het gele licht buigt bijvoorbeeld verder af dan het blauwe. En dan zie je de kleuren ineens niet meer door elkaar, maar naast elkaar.

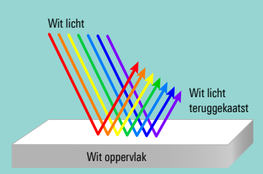
Een prisma, een soort driehoek van glas of perspex, heeft hetzelfde effect. Als wit licht het prisma in komt, buigt elke kleur licht daarin met een andere hoek af. Dan waaieren de verschillende kleuren prachtig uit elkaar.



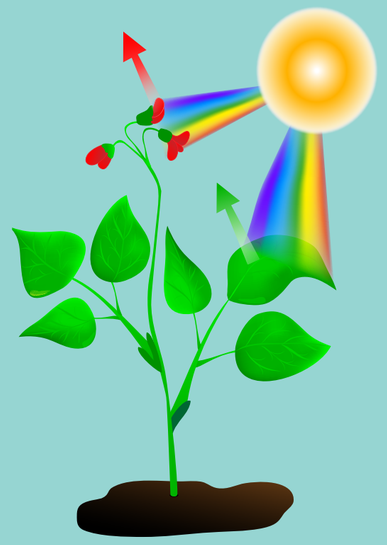


WAAROM IS EEN TOMAAT ROOD?

Wit licht is dus een mengsel van lichtstralen van verschillende golflengtes. Als het witte licht een voorwerp tegenkomt, worden niet alle lichtstralen even sterk teruggekaatst. Sommige lichtstralen worden gereflecteerd, andere worden door het voorwerp opgenomen. Een beetje zoals een spons die water in zich opzuigt. Dat opnemen noemen we absorberen. Lichtstralen van die kleur bereiken je ogen dus niet.



Een tomaat reflecteert alleen rood licht. Licht van alle andere golflengten wordt geabsorbeerd. Alleen het rode licht blijft dus over. Daarom zie jij de tomaat als rood.



XperimenTeer!

VLOEIBAAR LICHT

Nodig:
Een kamer die je helemaal donker kunt maken, een stevige plastic fles, een felle zaklantaarn, een emmer of bak, schaar, sterk plakband, aluminiumfolie

Doen:
Vul de fles met water. Plak de lichtgevende kant van de zaklamp met plakband tegen de bodem van de fles. Het licht schijnt nu in de fles. Wikkel de fles helemaal in met aluminiumfolie. Laat de dop vrij. Zet de emmer voor je neer. Maak de kamer donker.
Haal de dop van de fles en giet de fles langzaam leeg in de bak. WAT ZIE JE?

WAARDOOR DENK JE DAT DIT KOMT?

Hoe kan dat?
Ook in het water gaan de lichtstralen rechtdoor. Als ze de buitenkant van de waterstraal bereiken, gaan ze er niet uit. De buitenkant van de waterstraal werkt namelijk als een spiegel. Een lichtstraal kaatst dus terug. Tot hij de andere kant van de waterstraal bereikt. Daar gebeurt hetzelfde. Zo blijft het licht door de waterstraal heen en weer kaatsen. Pas als het de bodem van de emmer bereikt, kan het eruit. Daarom zie je een lichtvlek op de bodem van de emmer.

DOEN IN DE KLAS!

Er zijn heel veel proefjes over licht die je als leerkracht met je klas kunt doen. Zelf ervaren wat licht doet, maakt het gemakkelijker om licht te begrijpen. Er zijn proefjes over lichtbreking, -reflectie, bolle en holle spiegels, lenzen en nog veel meer.
Om je op weg te helpen vind je op www.utwente.nl/pre-u/xperimenta-magazine een lijstje met links. In de boekenkast achterin dit blad vind je nog meer inspiratie.

XperimenTeer!

TOVER EEN REGENBOOG

Nodig: een zonnige dag, een spiegeltje, een witte muur of wit papier, een ondiepe bak met water

1. **Zet de bak water in de zon voor de witte muur.**
2. **Houd het spiegeltje aan de zijkant van de bak en vang het zonlicht.**
3. **Beweeg het spiegeltje zo dat je een regenboog op de muur ziet.**
4. **Welke kleuren zie je? En in welke volgorde?**

Doordenkertje: Om de volgorde van de kleuren van de regenboog te onthouden, wordt vaak een ezelsbruggetje gebruikt. Bijvoorbeeld: **'ROGGe Brood is Vies'**. De hoofdletters staan voor **r**ood, **o**ranje, **g**eel, **g**roen, **b**lauw en **v**iolet. Kun jij een ander leuk ezelsbruggetje bedenken met deze letters?

ONZICHTBAAR LICHT ZICHTBAAR MAKEN

Professor Jennifer Herek is de baas van de afdeling Optische Wetenschappen aan de Universiteit Twente. Het woord 'optisch' betekent alles wat met lichtstralen en zien te maken heeft. Jennifer heeft in heel de wereld onderzocht hoe allerlei stoffen reageren als je er met licht op schijnt. Jennifer vertelt heel graag over haar werk. Ze hoopt dat veel kinderen, vooral meiden, zien hoe leuk en belangrijk het is om wetenschappelijk onderzoek te doen.

Dr. Mark Bentum vraagt zich af hoe je met radiogolven een signaal van de ene naar de andere plek kan brengen. Hij ontwikkelt daarvoor ingewikkelde antennes die signalen sturen en opvangen. Maar wat gebeurt er met de radiosignalen als ze van de ene naar de andere antenne gaan ? Hoe verplaatsen ze zich in of rondom het menselijk lichaam of in het onmetelijke heelal?

JENNIFER EN MARK HEBBEN SAMEN EEN WORKSHOP GEMAAKT OVER LICHT DAT VOOR ONS ONZICHTBAAR IS. DOE MAAR MEE!

DOEN IN DE KLAS!

Onzichtbaar licht

Nodig:

een laserpointer
een paar kleine spiegels
een aantal kinderen
een bus haarlak
tekenpapier
viltstiften
twee of meer walkie-talkies

Leerkracht: Een laserpen of -pointer kun je op internet kopen of bij de dierenwinkel. Het wordt vaak als kattenspeeltje gebruikt. Koop geen laserpen met een hogere sterkte dan 5 milliwatt. Die zijn illegaal en gevaarlijk voor je ogen. Vertel je leerlingen dat ze nooit rechtstreeks in een laserpen mogen kijken of ermee in iemands ogen schijnen. Walkie-talkies zijn bij de meeste speelgoedwinkels te koop. Misschien zijn er leerlingen die thuis een stel hebben. Het loont de moeite deze zaken aan te schaffen. De proef is echt erg leuk en leerzaam om met je klas te doen.

SCHIJN MET JE LASERPEN OP ENKELE VOORWERPEN, BIJVOORBEELD OP DE TAFEL EN DE MUUR.

Wat zie je?

1

SCHIJN MET DE LASER OP DE MUUR. VRAAG NU EEN ANDER KIND OM TUSSEN DE LASER EN DE MUUR TE GAAN STAAN.

4

Wordt de muur nog steeds verlicht?

NEEM NU DE WALKIE-TALKIES EN GA EEN EIND UIT ELKAAR STAAN.

7

Praat met elkaar.

2

Kun je de laserbundel zelf ook zien?

Jennifer: 'Een laser is een bijzondere soort lamp. Hij geeft een sterke, maar heel dunne straal licht. Hij bestaat maar uit één kleur licht. Als je met je laserpen op de muur schijnt, zie je alleen een gekleurd puntje verschijnen. Dat puntje bestaat weer uit een patroon van meerdere kleine puntjes. Aan dat patroon kun je zien dat het licht van een laserstraal komt. De lichtstraal zelf zie je niet. Pas als het licht ergens op reflecteert, zie je dat de laser er is.'

5 STEL DAT JE DE MUUR TOCH WILT VERLICHTEN, ZONDER DAT HET KIND VAN HAAR PLEK KOMT, **hoe zou je dat doen?**

Jennifer: 'Laserlicht gaat niet door je heen. Net als het licht van een gewone lamp. Wil je het licht om het kind heen op de muur laten schijnen, dan heb je spiegels nodig. Maak het lokaal goed donker. Stel verschillende kinderen met spiegels rondom het kind op. Schijn met de laser in de eerste spiegel. Draai de spiegel zo dat het licht op de tweede spiegel valt. En zo verder tot het licht weer bij de muur komt. Hoeveel spiegels heb je nodig? Door van de een naar de ander te schijnen kun je ook een vierkant van licht vormen of zelfs een ster! Kijk niet in de laserstraal, ook niet via de spiegel.'

3 SPUIT VANAF EEN AFSTANDJE HAARLAK OP DE LASERSTRAAL.

Wat zie je nu?

HOE KOMT DIT, DENK JE?

Jennifer: 'Het licht wordt weerkaatst door de fijne druppeltjes haarlak die in de lucht zweven. Daarom zie je de laserstraal nu wel.'

WAT IS LICHT?

LASERLICHT KAN NIET DOOR IEMAND HEEN. GELDT DIT OOK VOOR ANDERE SOORTEN STRALING?

Wat denk je?

6

Mark: 'Zichtbaar licht en radiogolven kunnen niet door je heen. Röntgenstraling en andere straling met een hoge energie wel. De radiogolven van een magnetron wil je graag binnen de magnetron houden. In de magnetron wordt een radiosignaal uitgezonden dat watermoleculen laat trillen en zo je eten opwarmt. De radiosignalen weerkaatsen tegen de wanden en daardoor warmt het eten overal op. Buiten de magnetron mogen de signalen niet komen. Dan zou je lichaam mogelijk ook kunnen opwarmen. Daarom is een magnetron een gesloten stalen box met een deur van gaas, waar niets uit kan.'

8 ZET ER NU EEN ANDER KIND TUSSEN. PRAAT MET ELKAAR DOOR DE WALKIE-TALKIE. LUKT DIT NOG STEEDS? EN ALS JE IN VERSCHILLENDE RUIMTES STAAT?

Mark: 'Ja dat lukt! Wat betekent dat? Gaan de radiogolven van de walkie-talkie gewoon door je heen? Of gebeurt er iets anders? Het is mijn werk dat te onderzoeken. Er zijn drie mogelijkheden: 1. De radiogolven gaan dwars door je heen, 2. Ze kruipen om je heen, of 3. Het signaal wordt uitgezonden in de ruimte en weerkaatst overal. Tegen jou, de muren en het plafond. Uit ons onderzoek blijkt dat die derde mogelijkheid het meest waarschijnlijk is. Je mobiele telefoon werkt ook zo. Als je om je heen kijkt, zie je nooit het basisstation waar de telefoon mee in contact is. Het signaal van dat station weerkaatst overal, tegen muren, door ramen, tegen spullen. Zo komt het van de ene naar de andere plek.'

VERDEEL KINDEREN IN TWEE OF DRIE GROEPEN EN GEEF ELKE GROEP EEN WALKIE-TALKIE. ZET DE GROEPEN ELK IN EEN ANDERE HOEK VAN HET LOKAAL. EEN KIND GAAT NU DE KLAS UIT EN VERSTOPT ZICH ELDERS IN OF ROND DE SCHOOL. HIJ LEGT DOOR DE WALKIE-TALKIE UIT VIA WELKE ROUTE JE BIJ HEM KUNT KOMEN. HIJ MAG ALLEEN MAAR UITLEGGEN WELKE RICHTING JE OP MOET (LINKS, RECHTS, NAAR BOVEN, BENEDEN) EN WELKE AFSTAND AFGELEGD MOET WORDEN (3 STAPPEN, 2 DEUREN, TOT DE HOEK). NIET DE NAMEN VAN PLEKKEN (SCHOOLPLEIN, HAL, ETC.). ALS ELKE GROEP ZIJN TEKENING KLAAR HEEFT, VERGELIJK JE DE TEKENINGEN. HEEFT ELKE GROEP PRECIES HETZELFDE GETEKEND?

En dan nu zoeken!

9

Jennifer: 'Onzichtbaar licht is ongelooflijk spannend. Je kunt het heel goed gebruiken om anderen te bespioneren. Of om geheime boodschappen en routes door te geven. Maar die boodschap op de goede manier overbrengen is nog best lastig!'

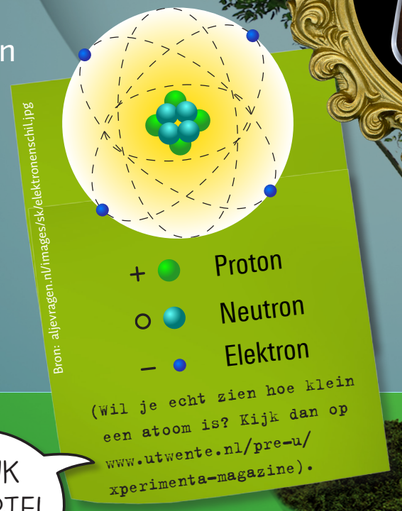
LICHT MAKEN

"I have not failed. I've just found 10.000 ways that won't work."

DE UITVINDER VAN DE GLOEILAMP

Ze zeggen vaak dat de Amerikaan Thomas Alva Edison in 1879 de gloeilamp uitvond. Dat is niet helemaal waar. Joseph Swan had dat in 1860 al in Engeland gedaan. Edison was wel degene die zorgde dat de gloeilamp snel in veel huishoudens werd gebruikt. Zijn bedrijf verkocht niet alleen de lampen: ze legde ook elektriciteitsleidingen aan. Daardoor kon de stroom voor de lampen in de huizen komen. De mensen moesten erg wennen aan al dat licht. Kijk maar op het bordje links hiernaast. Daar staat: 'STEEK DE LAMPEN NIET AAN MET EEN LUCIFER. DRAAI GEWOON DE KNOP OP DE MUUR BIJ DE DEUR OM.'
In kleine letters staat erbij dat elektrisch licht geen kwaad kan voor je gezondheid.
Daar waren veel mensen bang voor.

Edison was de eerste ter wereld die een onderzoekslaboratorium opzette. Menlo Park heette het. Nu heeft elke universiteit en elk groot bedrijf zo'n laboratorium. Maar toen was dat bijzonder. Edison liet alles op zijn naam zetten wat in zijn laboratorium werd bedacht en uitgevonden. Daardoor is hij een van de uitvinders met het grootste aantal uitvindingen op zijn naam. Een van die uitvindingen was de fonograaf. Dat werd later de grammofoon. Hij legde ook de basis voor de eerste filmcamera.



DOEN IN DE KLAS!

Wat is uitvinden?

Edison vond niet alles in zijn eentje uit. Maar we hebben veel van onze moderne apparaten aan hem te danken. Hij heeft wijze dingen gezegd over uitvinden. Bijvoorbeeld:

'Ik heb niet 700 keer gefaald. Het is 700 keer gelukt te bewijzen dat wat ik deed niet werkte. Zodra ik alle manieren waarop het niet werkt, heb gehad, vind ik vanzelf de manier waarop het wel werkt.'

Ga met je klas in discussie over uitvinden: WAT IS EEN GOEDE UITVINDER? Doet die alles zelf? OF MAG ZIJ OF HIJ OOK UITVINDINGEN EN KENNIS VAN ANDEREN GEBRUIKEN OF OPNIEUW COMBINEREN? Is het dan ook zijn of haar eigen uitvinding? WELKE KARAKTEREIGENSCHAPPEN HEEFT EEN UITVINDER?

Vraag je leerlingen: zou jij ook een uitvinder kunnen zijn? Waarom wel?
Of waarom niet?

Hoe ONTSTAAT licht?

Atomen

Alles in de wereld om ons heen is opgebouwd uit hele kleine stukjes: atomen. Dit magazine bestaat uit atomen en je fiets bestaat uit atomen, net als je computer, je broek, en zelfs jijzelf! Atomen zijn zo klein dat je ze niet met het blote oog kunt zien. Stel je voor: een mensenhaar is even dik als 500.000 opgestapelde koolstofatomen.

lading

Het atoom bestaat zelf weer uit nog kleinere deeltjes. Die deeltjes kunnen positief (+) of negatief (-) geladen zijn. Deeltjes met een verschillende lading trekken elkaar aan, terwijl deeltjes met gelijke lading elkaar afstoten. Denk maar aan twee magneten. Houd je + en - bij elkaar, dan trekken ze elkaar aan. Houd je dezelfde polen (+ + of - -) bij elkaar, dan duwen ze elkaar weg.

Protonen versus neutronen

Midden in het atoom zit de kern. De kern bestaat uit protonen en neutronen. Protonen zijn deeltjes met een positieve lading (+). Neutronen zijn deeltjes zonder lading. Rondom de kern bevindt zich een wolk elektronen. Elektronen zijn deeltjes met een negatieve lading (-). Protonen (+) en elektronen (-) trekken elkaar aan, net als de magneten. Een atoom wil precies evenveel protonen als elektronen hebben. Plus en min maakt samen nul. Daarom is de totale lading van het atoom altijd nul.

Schillen

De elektronen zitten rond de kern van het atoom in verschillende banen (schillen). De ene schil ligt wat verder weg van de kern dan de andere. Een elektron kan van een lagere schil naar een hogere schil gaan en andersom. Omdat plus en min elkaar aantrekken, heeft een elektron meer energie nodig om in een hogere schil te zijn, verder van het proton af. In elke schil zitten dus elektronen met een vaste hoeveelheid energie.

Lichtdeeltjes

Als een atoom verhit wordt of tegen andere atomen aanbotst, wordt er energie uitgewisseld. Dan krijgt het elektron er energie bij en gaat naar een hogere schil. We noemen dat elektron 'aangeslagen'. Als een aangeslagen elektron weer terugwil naar een lagere schil, moet hij energie kwijtraken om de lagere schil in te mogen. Het elektron stopt de overbodige energie in een klein pakketje: een foton. Een foton is een andere naam voor lichtdeeltje. En als een atoom die lichtdeeltjes, de fotonen, uitzendt, zien wij dus licht.

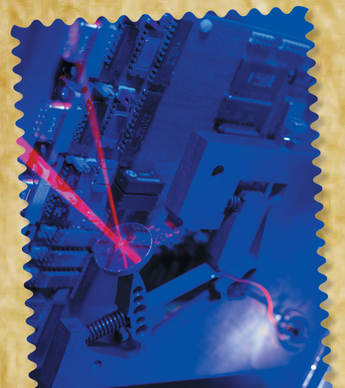
EEN OPLOSSING VOOR VAN ALLES & NOG WAT

Bliep, doet de scanner bij de kassa van de supermarkt. Als de boodschappen zijn ingeladen, rijdt je vader je naar huis. Een beetje te hard. Flits, doet het apparaat langs de weg. Verdorie, dat wordt een boete. Thuis app je je beste vriendin of ze langskomt. Je hebt een nieuwe jurk die je wilt laten zien. 'Cool,' antwoordt ze. 'Wil je dan even mijn werkstuk lezen? Ik print het uit en kom naar je toe.'

Niets uit dit verhaal had ooit gekund als de **LASER** niet was uitgevonden. Een laser is een apparaat waarmee je **LICHTGOLVEN** enorm kunt **VERSTERKEN**. Je kunt lasers maken met lichtbundels die zo dun en scherp zijn dat je er dingen mee kunt SNIJDEN. Waarschijnlijk is je nieuwe jurk zo gemaakt. Net als de onderdelen van je vaders auto.

De BARCODES in de supermarkt worden AFGELEZEN met een laser, zodat de caissière weet hoe duur jullie boodschappen zijn. Als je vader wordt GEFLITST, hebben lasers gemeten HOE HARD HIJ REED. Als je je vriendin BELT of APPT, gaat dat via een glasvezelverbinding waarin het licht uit lasers verzonden wordt. En haar verslag is geprint op een LASERPRINTER. Lasers worden zelfs gebruikt om mee te OPEREREN.

En dan te bedenken dat de uitvinders van de laser, zo'n vijftig jaar geleden, nog niet eens wisten wat ze moesten doen met het ding dat ze hadden uitgevonden! Een oplossing voor een nog onbekend probleem, noemden ze het.
Nu kunnen we er niet meer zonder.



OVERAL ANTENNES

Er zijn nog meer manieren waarop licht een rol speelt in ons dagelijks leven. Onze huizen en alle apparaten die we hebben, zitten namelijk vol met sensoren. Sensoren zijn kleine antennes die radio- of lichtgolven sturen en opvangen. Ze zitten in de afstandsbediening van de tv. En in de autosleutel, zodat je op afstand de deuren kunt afsluiten. Ook in je smartphone zitten een stuk of zes antennes. En in je huis heb je misschien een slimme thermostaat die zorgt dat het niet te koud wordt.

Op dit moment heeft iedereen ongeveer twintig sensoren bij zich. Maar er is voorspeld dat elk mens er in de toekomst wel duizend heeft. Een flinke uitdaging voor de techneuten en de wetenschappers. Zij moeten zorgen dat elke antenne het signaal blijft opvangen dat voor hem bedoeld is, zonder gestoord te worden door al die andere zenders in de buurt. Het is toch erg suf als de lichten uitgaan terwijl jij de TV wilt aanzetten.

DOORDENKERTJE!

Ontwerp een huis dat precies weet wat jij wilt. Houd je van warm? Dan steekt hij de kachel vast aan als je zelfrijdende auto op weg is naar huis. Zodra je binnenkomt, is de elektrische bank al voorverwarmd. Er schijnt zacht geel licht en je lievelingsmuziek staat op. Zweten je voeten verschrikkelijk? Dan meten de sensoren in je schoenen dat ook. Thuis hoor je het badwater al klateren. Wat kan jouw droomhuis nog meer? Wat moet je huis daarvoor allemaal kunnen meten? Speel architect en bouw of teken je huis in detail. Laat zien waar alle sensoren en afstandsbedieningen zitten. Schrijf erbij wat ze voor je regelen.

Professor Kobus Kuipers is hoogleraar Nanophotonica aan drie verschillende universiteiten in Nederland. Hij legt zich er niet bij neer dat licht altijd dezelfde snelheid heeft. Nanophotonica is de tak van wetenschap die licht naar zijn hand probeert te zetten met nanostructuren, extreem kleine bouwwerkjes. Een nanometer is 0,000 000 001 meter, dat is een miljoenste millimeter. Er kunnen ongeveer vijf atomen in een nanometer. Met deze nanostructuren probeert men licht op één plaats te houden.

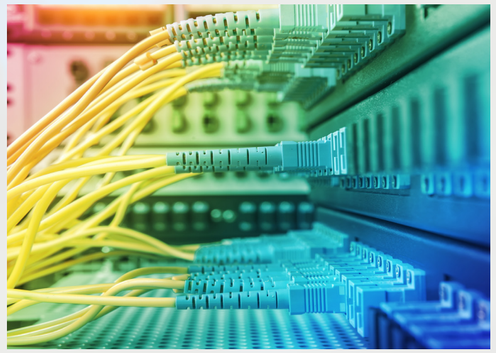
Licht LANGZAAM maken

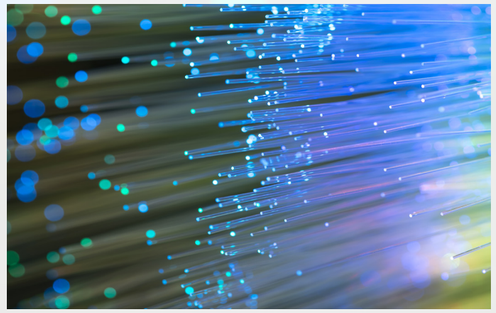
Spiegelpaleisjes

‘Mijn grootste hobby is licht langzamer maken. Omdat nanostructuren het licht afremmen, kun je daarmee het licht vertragen. Licht reist normaal gesproken met 300 000 000 meter per seconde door de lucht. Dat is dus 300.000 kilometer per seconde, ofwel 1,08 miljard kilometer per uur. Die snelheid kunnen we nauwelijks veranderen: in glas gaat het ‘maar’ 200 000 000 meter per seconde. Maar binnen zo’n nanostructuur kunnen we het licht wel heel vaak laten weerkaatsen. Je kunt je dat voorstellen als een spiegelpaleisje voor het licht. We laten het licht 1000 stapjes vooruit doen en dan 999 weer terug. Daardoor komt het licht veel later aan.’

Sneller internet

‘Het klinkt gek, maar langzaam licht is een manier om het internet sneller te maken. Als je iemand opbelt of een email stuurt, dan gaat dat via glasvezels.
Glasvezels zijn hele lange vezels van helder glas waardoor je licht kunt sturen. Zo kun je informatie over lange afstanden vervoeren. In zo’n glasvezel wordt de informatie van je email en die van je telefoongesprek verstuurd met verschillende kleuren licht.





Je email wordt bijvoorbeeld met rood licht verstuurd. En het telefoongesprek met groen. Met een speciale chip kun je de informatiestromen weer van elkaar scheiden. We noemen dat een optische chip, omdat het helemaal via licht werkt. De chip laat de kleuren uit elkaar waaieren, net zoals in een prisma (zie pagina 10).’

Minder energie gebruiken

‘Als ik een e-mailbericht naar jou stuur, dan gaat die van mijn computer eerst naar een verdeelstation. Dat gaat waarschijnlijk elektrisch, via een koperen verbinding. Koper is langzaam en kost veel energie. In het station wordt het bericht omgezet naar glasvezel. Later komt die mail weer uit de glasvezel bij een volgend verdeelstation. Daar wordt de informatie uit het gekleurde licht weer elektronisch gemaakt. Dan is het bericht nog niet waar het moet zijn. Want het moet nog naar jou.
Dus wordt het weer omgezet naar glasvezel.
Elke keer dat het licht omgezet wordt naar een elektronisch signaal en andersom, verlies je tijd en energie.’
‘Het liefste zou je bij de verdeelstations alle stappen met licht uitvoeren. Maar als het licht razendsnel voorbijraast, lukt dat niet. Als je het licht vertraagt, kun je het verkeer in zo’n verdeelstation beter regelen. Uiteindelijk is dat sneller. En het kost ook nog minder energie.’

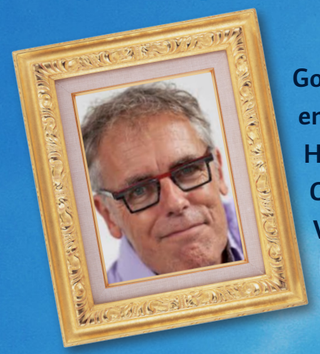
Onzichtbaarheidsmantel

‘Harry Potter had een mantel waarmee hij onzichtbaar werd. Als hij die mantel aanhad, kon je gewoon door hem heen kijken. Stond hij voor een boom, dan zag je alleen de boom. Niet Harry. Met nanostructuren kun je lichtgolven laten afbuigen. Als jij voor een boom staat, zien we de boom niet. De lichtgolven van de boom worden tegengehouden door jou. Met een mantel van nanostructuren kunnen de lichtgolven omgeleid worden. Ze gaan om je heen en worden aan de voorkant weer losgelaten. Dan ziet een ander dus de boom, en niet jou.’
‘Helaas werkt deze techniek niet goed voor zichtbaar licht. Echte onzichtbaarheidsmantels zoals die van Harry Potter zullen er volgens mij nooit komen. Voor ander licht, zoals microgolven, werkt het prima. Dat is handig in het ziekenhuis. Sommige patiënten hebben een pacemaker. Dat is een elektrisch apparaatje dat zorgt dat het hart blijft kloppen. Soms moet zo’n patiënt in een MRI-scanner om een foto van de binnenkant van zijn lichaam te maken. Een pacemaker kan in de war raken van de radiogolven van de MRI, en andersom. Door de MRI-golven zo af te buigen dat ze om de pacemaker heen gaan, kun je de patiënt toch scannen. De pacemaker is dan eigenlijk onzichtbaar geworden voor de MRI.

Veel te onderzoeken

‘Het leuke van nanofotonica is dat er nog heel veel te onderzoeken is. Het afbuigen van licht en straling is zo nieuw dat mijn fantasie ervan op hol slaat. Ik hoop het aan heel veel mensen uit andere vakgebieden te kunnen uitleggen, zodat zij weer verder kunnen nadenken waar zij dit voor kunnen gebruiken. Dat levert vast nog bijzondere toepassingen op.’

LICHT IN DE RUIMTE



Govert Schilling schrijft over het heelal voor kranten en tijdschriften, onder andere voor de Volkskrant. Hij heeft tientallen boeken over sterrenkunde gemaakt. Ook vertelt hij er vaak over op radio en televisie. Voor XperimenTA Magazine heeft hij deze bladzijden over licht in de ruimte geschreven.

STERREN ZIJN ZONNEN!

’s Nachts is het donker, maar overdag is het licht. Dat komt natuurlijk door de **zon**. De zon geeft licht, net als een lamp. Als de zon overdag aan de hemel staat, wordt de wereld om je heen verlicht. Als hij ’s nachts onder de horizon staat, is alles donker.

De maan is een donkere bol van steen en ijzer

Soms kun je ’s nachts wel de **maan** zien. De maan lijkt ook een soort lamp, al is hij veel minder fel dan de zon. Maar de maan geeft niet zelf licht! De maan is een donkere bol van steen en ijzer. We kunnen hem alleen zien als hij door de zon beschenen wordt. Als de zon niet zou schijnen, zou de maan onzichtbaar zijn.

Toch zijn er ’s nachts heel veel andere ‘lampjes’ in de ruimte te zien. Dat zijn de **sterren**. Sterren geven wél zelf licht. Ook als de zon er niet zou zijn, zouden we de sterren nog steeds zien stralen. Sterren zijn eigenlijk zonnen.

Ze staan alleen zó enorm ver weg dat het nog maar piepkleine lichtstipjes zijn.

Sterren zijn zonnen. En de zon is dus een ster. We zien de zon alleen veel groter en feller dan de andere sterren. Dat komt doordat de zon véél dichterbij staat.

In het heelal zijn ongeveer tien triljard sterren. Dat is een één met tweeëntwintig nullen er achter. Bijna al het licht in de ruimte is afkomstig van die sterren.

De zon is heel belangrijk voor het leven op aarde. De aarde is een **planeet** die om de zon heen draait. Zonder de zon zou er op aarde geen licht zijn, en ook geen warmte. Er zou dan helemaal niets kunnen leven. Veel andere sterren hebben ook planeten. Wie weet is daar ook leven.

HOE SCHIJNT EEN STER?

Waar komt het licht van de zon vandaan? De zon is een enorm grote bol van **gas**. Dat gas is heel heet. Aan de buitenkant is de zon wel zo’n 5.500 graden. Omdat het gas zo heet is, straalt het licht en warmte uit. Het gas gloeit. De zon lijkt wel een beetje op een grote gloeilamp.

Maar waarom is de zon zo heet aan de buitenkant? Al die hitte komt eigenlijk uit het binnenste van de zon. Middenin de zon zit het gas heel dicht op elkaar geperst. De atoomkernen van het zonnegas – de allerkleinste gasdeeltjes – worden in elkaar geduwd. En daar komt heel veel **energie** bij vrij.

Het is alsof er binnenin de zon een soort kachel zit. Toch is er geen vuur in de zon. De energie van de zon komt van al die atoomkernen die in elkaar geduwd worden. Door al die kernenergie is het in het binnenste van de zon maar liefst vijftien miljoen graden. Aan de buitenkant is de zon al veel minder heet. Maar nog steeds heet genoeg om heel veel warmte en licht uit te stralen.

Wat voor de zon geldt, geldt ook voor alle andere sterren in het heelal. Het licht in de ruimte is dus eigenlijk allemaal kernenergie. Ooit is de ‘brandstof’ in het binnenste van de zon op. Gelukkig voor ons kunnen sterren heel oud worden. De zon bestaat al meer dan vierenhalf miljard jaar, en hij gaat nog wel een paar miljard jaar mee. Voorlopig hoeven we niet bang te zijn dat het hier op aarde koud en donker zal worden.

BESTAAN ER GROENE STERREN?

Sterren kunnen verschillende kleuren hebben. Blauwe en witte sterren zijn heel heet: aan de buitenkant zo’n 15.000 tot 20.000 graden. Rode en oranje sterren zijn veel koeler: ‘slechts’ zo’n 3.000 graden. De zon is een gele ster, met een temperatuur van ongeveer 5.500 graden. Aan de kleur van een ster kun je dus zien hoe heet hij aan de buitenkant ongeveer is. Je moet wel goed kijken om de kleuren van sterren te zien. Probeer het maar eens op een heldere nacht.

Er is wel iets geks aan de hand. Er zijn rode, oranje, gele, witte en blauwe sterren. Maar groene of paarse sterren bestaan niet. Sterren zijn grote bollen van gloeiend heet gas. En welke temperatuur dat gas ook heeft, het straalt nooit groen of paars licht uit.

In het boek **Ongelooflijk (r)waar** (zie de boekenplank op pagina 66) vind je nog veel meer van dit soort onvoorstelbare ruimteweetjes.

HOE SNEL GAAT EEN LICHTSTRAAL?

Tijdens een onweersbui zie je eerst de bliksem; pas een tijdje later hoor je de donder. Het geluid van een bliksemslag heeft er een paar seconden voor nodig om bij jou aan te komen. Geluid reist met een snelheid van ongeveer 330 meter per seconde. Dus als er drie seconden zitten tussen de bliksemflits en de donder, weet je dat de inslag ongeveer één kilometer bij je vandaan was.

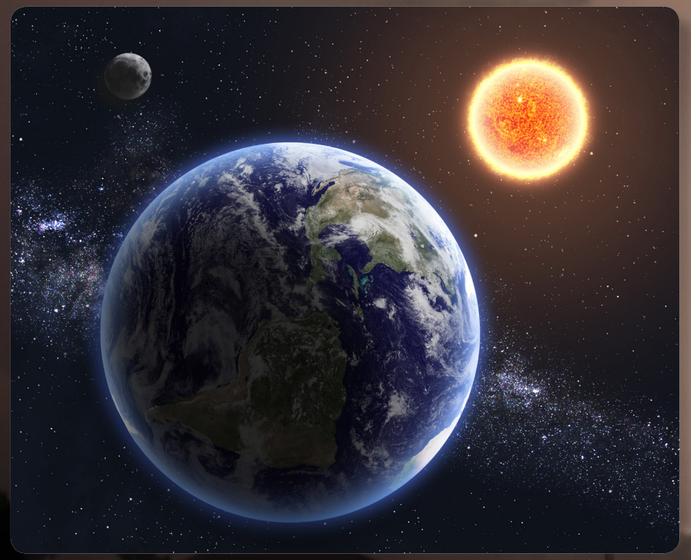
Licht heeft ook tijd nodig om bij jou aan te komen. Hoe snel reist het licht ook alweer? Wel 300.000 kilometer per seconde. In één seconde zou een lichtstraal zeven rondjes om de aarde kunnen maken. En in iets meer dan één seconde reist een lichtstraal van hier naar de maan.

Licht heeft dus tijd nodig om van de ene plek naar de andere te reizen. Hier op aarde merk je daar niets van, omdat de lichtsnelheid zo hoog is. Als iemand op 300 kilometer afstand een lamp aandoet, is het licht al in één duizendste seconde bij jou aangekomen.

Maar in het heelal zijn alle afstanden veel groter dan hier op aarde. De zon staat bijvoorbeeld op een afstand van 150 miljoen kilometer. Een lichtstraal doet daar ruim acht minuten over, ook al reist hij met een snelheid van 300.000 kilometer per seconde. Je kunt ook zeggen dat de zon op een afstand van ruim acht lichtminuten staat.

De sterren staan nog veel verder weg. De afstand tot de dichtstbijzijnde ster is ongeveer 40 biljoen kilometer (een vier met dertien nullen). Dat is zó ver dat een lichtstraal er ruim vier jaar over doet om van die ster naar de aarde te reizen. Anders gezegd: de ster staat op een afstand van ruim vier lichtjaar.

Een lichtjaar is dus de afstand die een lichtstraal in één jaar tijd aflegt. De meeste sterren die wij 's nachts aan de hemel zien, staan op afstanden van tientallen of honderden lichtjaren. Het licht van die sterren doet er dus tientallen of honderden jaren over om op aarde aan te komen.

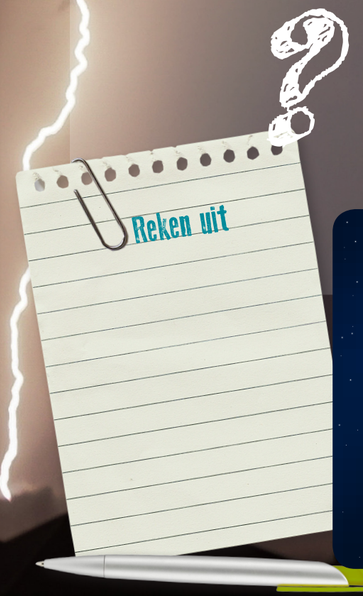


DOORDENKERTJE!

Rekenen met licht

Je kunt zelf uitrekenen hoe ver een lichtjaar is. Licht reist met een snelheid van 300.000 kilometer per seconde. In één seconde legt een lichtstraal dus 300.000 kilometer af. Er gaan 60 seconden in een minuut. Je kunt nu dus uitrekenen hoeveel kilometer een lichtstraal in één minuut aflegt. Dat is een lichtminuut. Er gaan 60 minuten in een uur. Op die manier kun je uitrekenen hoeveel kilometer één lichtuur is. Er gaan 24 uur in een dag. Reken nu ook maar uit hoe ver één lichtdag is. En dan gaan er gemiddeld 365,25 dagen in één jaar. Als je klaar bent met rekenen weet je hoeveel kilometer één lichtjaar is.

De heldere ster Deneb, in het sterrenbeeld Zwaan, staat op een afstand van 2600 lichtjaar. Hoeveel kilometer is dat? Het licht van Deneb dat we nú zien, is 2600 jaar onderweg geweest om op aarde aan te komen. In welk jaar is het licht door de ster uitgestraald?



TERUGKIJKEN IN DE TIJD

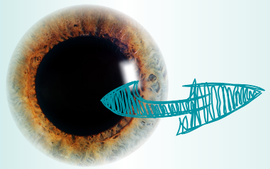
Het licht van de zon doet er ruim acht minuten over om op aarde aan te komen. Eigenlijk zien wij de zon zoals hij er ruim acht minuten geleden uitzag. We kijken dus terug in de tijd.

Het licht van een ster doet er veel langer over om op aarde aan te komen. De ster Betelgeuze in het sterrenbeeld Orion staat bijvoorbeeld op een afstand van 640 lichtjaar. Als je naar Betelgeuze kijkt, zie je licht dat 640 jaar onderweg is geweest naar de aarde. Je ziet de ster dus zoals hij er aan het eind van de veertiende eeuw uitzag. Hoe Betelgeuze er nú uitziet, weet niemand. Misschien is hij een paar jaar geleden wel ontploft en bestaat hij niet eens meer. We zien dan een ster die er niet meer is.

In het heelal kijk je altijd terug in de tijd. Dat komt door de lichtsnelheid. Omdat het licht er tijd voor nodig heeft om op aarde aan te komen, zien sterrenkundigen het heelal altijd zoals het er lang geleden uitzag. En hoe verder je in het heelal kijkt, hoe verder je terugkijkt in de tijd.

Met grote telescopen zijn sterrenstelsels ontdekt op twaalf miljard lichtjaar afstand. Het licht van die stelsels is dus twaalf miljard jaar onderweg geweest naar de aarde. Wij zien zo'n stelsel zoals het er twaalf miljard jaar geleden uitzag, toen het heelal nog maar net was ontstaan. Zo kunnen sterrenkundigen onderzoeken hoe het heelal er kort na de oerknal uitzag.

Hoe werkt een telescoop?



Al het licht dat je ziet, komt via je pupil in je oog terecht. Je pupil is het zwarte rondje in het midden van je oog. Als je pupil klein is, komt er weinig licht in je oog terecht. Als hij groot is, komt er juist veel licht naar binnen. Dus hoe groter je pupil is, hoe meer je kunt zien.

XperimenTeer!

Je kunt het thuis uitproberen, in de wc. Doe het licht aan en de deur dicht. Kijk een tijdje recht in de lamp. Omdat die zoveel licht geeft, wordt je pupil vanzelf kleiner. Na ongeveer een minuut is hij gekrompen tot een klein zwart rondje met een middellijn van ongeveer twee millimeter. Als je in de spiegel kijkt, kun je dat duidelijk zien.

Doe nu het licht uit. Het is aardedonker, en je ziet helemaal niets. Maar je pupil begint nu weer langzaam te groeien. Er komt steeds meer licht in je oog terecht. Na een paar minuten is je pupil misschien wel vijf millimeter groot. Je kunt de meeste dingen in de wc alweer zien, ook al is het licht nog steeds uit. Als je nu het licht weer aan doet en snel in de spiegel kijkt, zie je dat je pupillen heel groot zijn.

Een trechter voor licht

Als we pupillen zouden hebben van één meter groot, zouden onze ogen enorm veel licht opvangen. We zouden 's nachts dan héél zwakke sterretjes kunnen zien, op enorm grote afstand. Met een telescoop lukt dat. Het woord 'telescoop' betekent eigenlijk gewoon 'ver-kijker': je kunt er verre dingen goed mee zien.

De telescoop is het belangrijkste instrument in de sterrenkunde. De eerste kleine telescoopjes werden ruim 400 jaar geleden gebouwd door brillenslijpers in Middelburg. Daarna kwamen er steeds grotere telescopen. Niet alleen op aarde, maar ook in de ruimte.

Een telescoop heeft een grote lens of een spiegel die het licht van de sterren opvangt. Al dat licht wordt bij elkaar gebracht in een dun bundeltje. Dat smalle lichtbundeltje komt via je pupil in je oog terecht. Op die manier zie je veel meer licht dan zónder telescoop.

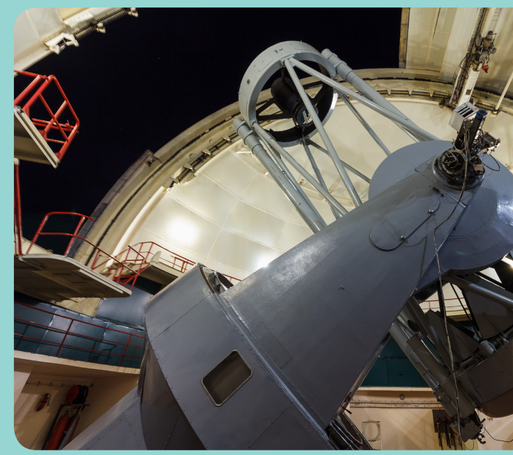
De telescoop is eigenlijk een soort trechter voor licht. Als je een wijnfles buiten in de regen zet, duurt het heel lang voordat hij vol is. Dat komt omdat de opening van de wijnfles zo klein is. Maar als je er een trechter in zet, gaat het veel sneller: al het regenwater dat door de trechter wordt opgevangen, komt via het tuitje van de trechter in de wijnfles terecht.

Hoe GROTER hoe BETER

Hoe groter de lens of de spiegel van de telescoop is, hoe meer licht hij kan opvangen. De beroemde Hubble Space Telescope, die in een baan om de aarde draait, heeft een spiegel met een middellijn van 2,4 meter. Daarmee vang je echt heel veel licht op, en kun je dus heel zwakke sterretjes zien.

Een ander voordeel van een grote telescoop is dat je er ook veel scherper mee kunt kijken. Zonder telescoop zie je de planeet Saturnus bijvoorbeeld als een lichtstipje. Maar met een telescoop kun je de ringen van de planeet zien, en wolken in de dampkring. Hoe groter je telescoop is, hoe scherper het beeld.

Je begrijpt nu wel dat sterrenkundigen steeds grotere telescopen willen bouwen. Daarmee kunnen ze het heelal veel beter bestuderen: je kunt er verder mee kijken, en je ziet ook nog eens veel meer details. De grootste telescopen ter wereld hebben spiegels met een middellijn van maar liefst tien meter. Maar er wordt ook al gewerkt aan telescopen van 25, 30 en zelfs bijna 40 meter in middellijn.



TELESCOPEN VOOR ONZICHTBAAR LICHT

STERRENKUNDIGEN WILLEN NIET ALLEEN ZICHTBAAR LICHT BESTUDEREN, MAAR OOK ALLERLEI ANDERE ELEKTROMAGNETISCHE STRALING, ZOALS RADIOSTRALING. DAAR HEBBEN ZE SPECIALE TELESCOPEN VOOR GEBOUWD. RADIOTELESCOPEN ZIJN HET BEKENDST. HET ZIJN GROTE SCHOTELS DIE ONZICHTBARE RADIOSTRALING UIT HET HEELAL OPVANGEN.

EEN VAN DE GROOTSTE RADIOTELESCOPEN VAN DE WERELD STAAT BIJ WESTERBORK, IN DE PROVINCIE DRENTHE. HET ZIJN VEERTIEN SCHOTELS DIE MET ELKAAR SAMENWERKEN. JE KUNT ER DINGEN MEE 'ZIEN' DIE JE MET EEN GEWONE TELESCOOP NIET KUNT ZIEN, ZOALS KOUDE GASWOLKEN IN HET HEELAL.

ZONDER LICHT GEEN LEVEN

Algen, bomen en groene planten zijn onmisbaar voor het leven op aarde. Ze zorgen ervoor dat er altijd genoeg voedsel en zuurstof is. Ze hebben iets bijzonders dat wij mensen niet hebben: bladgroenkorrels.
Bladgroenkorrels zijn een soort natuurlijke zonnepaneeltjes. Maar dan wel heel klein: ongeveer 0,005 millimeter groot.
Ze vangen het zonlicht op en zetten het om in energie. Dat noemen we *fotosynthese*. Van die energie kan de plant groeien.
Tijdens het omzetten van zonlicht in energie blijft er iets over: *zuurstof*.
Voor de bladgroenkorrels is zuurstof een restproduct; afval dus. Voor ons is zuurstof van levensbelang. Zonder zuurstof kunnen wij niet ademen. Voor de plant is het gewoon iets wat hij kwijt moet.

Zonder zonlicht zijn er geen planten. Zonder planten is er geen zuurstof. Zonder zuurstof kunnen we niet ademen. Licht is dus van levensbelang voor ons. Ook al ons voedsel komt van planten. Of van dieren die planten eten. Zonder bomen en planten hebben we geen hout, papier of katoen. Zelfs plastic komt uiteindelijk van planten. Het is gemaakt van aardolie. Aardolie komt van plantenresten die miljoenen jaren diep in de grond hebben gelegen.

DOORDENKERTJE!

Kijk eens om je heen in je kamer of de klas.

Wat is er gemaakt van planten, direct of indirect?

Is er ook iets dat niet van planten is gemaakt?

XperimenTeer!

WATER, LICHT & LUCHT

DOEN:

- Zet alle plantjes op een lichte en warme plek, bijvoorbeeld in de vensterbank.
- Nummer ze van 1 tot 4.
- Plantje 1 geef je regelmatig water. Niet te veel, maar zeker niet te weinig.
- Zet over plantje 2 een bak heen, zodat hij in het donker staat. Geef hem net als plantje 1 water.
- Smeer de bladeren van plantje 3 dik in met vaseline.
  Niet alleen de bovenkant, vooral juist de onderkant. Geef ook dit plantje water.
- Geef plantje 4 geen water.
- Wacht nu enkele dagen.
- Wat zie je? Wat gebeurt er met elk van de plantjes?

HOE WERKT HET:

***Plantje** 1 groeit lekker door. Die heeft alles wat hij nodig heeft: licht, water en lucht.*

Plantje 2 staat in het donker. Daardoor kan er geen fotosynthese in de bladgroenkorrels plaatsvinden. De blaadjes verbleken. Zonder fotosynthese krijgt plantje 2 geen energie. Hij groeit dus niet verder en gaat uiteindelijk dood.

De bladeren van de plantjes nemen koolstofdioxide uit de lucht op via huidmondjes. Dat zijn kleine openingen die vooral aan de onderkant van het blad zitten. Bij plantje 3 zijn die huidmondjes dichtgesmeerd met vaseline. Plantje 3 kan dus geen koolstofdioxide opnemen. En ook geen zuurstof meer kwijt. Ook al heeft dit plantje licht en water, hij gaat toch dood. Want hij krijgt geen lucht en dus kan er geen fotosynthese plaatsvinden. De blaadjes vergelen en vallen af.

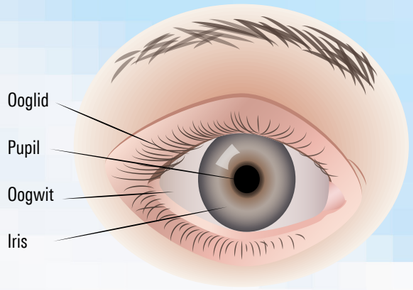
Plantje 4 krijgt licht en lucht, maar zonder water bij zijn wortels heeft ook hij een probleem. Het water is nodig voor de fotosynthese. En het zorgt er voor dat de bladeren en stengels stevig rechtop blijven staan. Plantje 4 zal al snel slap gaan hangen. En dan volgt snel het einde van plantje 4.

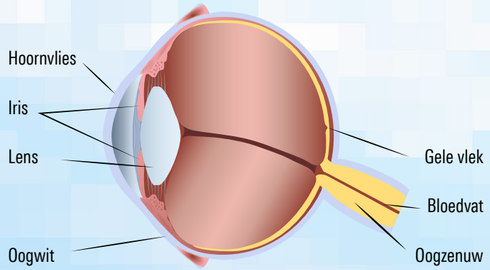
DIT PROEFJE EN MEER LEUKE PROEFJES MET PLANTEN VIND JE OP WWW.ONZEKLASSETUIN.NL

Wat doet je oog met licht?

Een lens is een doorzichtig voorwerp dat lichtstralen van richting laat veranderen. Daardoor wordt het beeld dat voor de lens staat vergroot of verkleind. Een bolle lens buigt de lichtstralen die binnenkomen, naar elkaar toe. Ook je oog buigt de lichtstralen af die binnenkomen. Eerst gebeurt dat door de bolling van je hoornvlies. Dat is de doorzichtige buitenlaag van het oog. Daarna gaan de lichtstralen door je pupil verder. Daar achter ligt de ooglens. Die is ook bol en daarom buigt die de stralen nog verder af. Achterin je oog komt het beeld van buiten op je netvlies terecht. Door het afbuigen is het beeld dan een stuk kleiner geworden.

In je netvlies bevinden zich speciale cellen. Die zijn gevoelig voor licht. We noemen die cellen fotoreceptoren, 'lichtontvangers'. Als er licht op zo'n ontvanger valt, wekt dat elektriciteit op in de cel. Dan gaat er een elektrisch stroompje naar de oogzenuw. De oogzenuw stuurt het signaal weer door naar de hersenen. Je hersenen maken vervolgens een logisch beeld van alle informatie die binnenkomt. Dat is het beeld dat je uiteindelijk waarneemt.



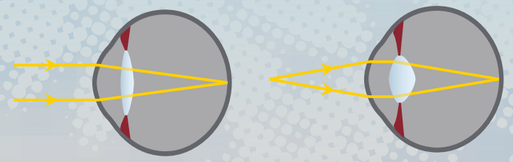


Hoe zie je scherp?

De lichtstralen komen van buitenaf je oog binnen. Het hoornvlies en de lens buigen de stralen zo af dat ze uiteindelijk op één punt bij elkaar komen. Dat punt noemen we het brandpunt. Om scherp te kunnen zien moet het brandpunt precies op de gele vlek vallen. De gele vlek zit in het midden van het netvlies. Daar zitten cellen waarmee je details kan zien.

De lens in je oog kan zichzelf boller en platter maken. Daar hoef je niet eens bij na te denken! Zo zorgt je ooglens ervoor dat het brandpunt van het licht dat je oog binnenkomt, op de gele vlek valt.

Kijk je naar iets dat dichtbij is, dan komen de lichtstralen schuiner je ogen binnen dan wanneer iets verder weg is. Dus moeten de lichtstralen sterker worden afgebogen om het brandpunt op de juiste plek te laten vallen. Dan wordt de ooglens boller. Zo kun je in- en uitzoomen: je kunt naar een landschap in de verte kijken, maar even gemakkelijk de letters in dit blad lezen.



DOEN IN DE KLAS

Soms lukt het de ooglens niet om het brandpunt op de gele vlek te krijgen. Dan is een bril nodig. Op internet is veel te vinden over brillen en lenzen. WAAROM KAN DE EEN SLECHTER IN DE VERTE KIJKEN? En de ander juist slechter dichtbij? ZIJN ER KINDEREN IN DE KLAS MET EEN BRIL? Dan is het leuk de anderen eens door die bril te laten kijken. WAT ZIEN ZE? En waarom is dat? KUNNEN ZE RADEN OF DEZE LEERLING EEN BRIL VOOR DICHTBIJ OF JUIST VOOR VERAF HEEFT?

Vertel ze waarom je altijd heel voorzichtig moet zijn met andermans bril.

Nog leuker is het als er een brillenwinkel in de buurt van de school is. Vraag de verkoper om langs te komen met verschillende soorten brillen en brillenglazen. Of ga op bezoek, zodat de kinderen kunnen zien hoe ogen worden opgemeten.

Waarom zie je minder goed als het schemert?

In het netvlies van je oog zitten dus cellen die reageren op licht, de fotoreceptoren. Er zijn verschillende soorten fotoreceptoren: kegeltjes en staafjes. Met kegeltjes zien we kleur. En zien we scherp. Ze zijn namelijk heel goed voor het zien van details. Kegeltjes zitten vooral op en rondom de gele vlek. Daarom zie je het scherpste als je recht voor-uit kijkt en het brandpunt precies op de gele vlek valt.

Hoe minder licht er is, hoe minder goed de kegeltjes werken. En hoe minder scherp je gaat zien. Gelukkig heb je ook staafjes. Anders zou je 's nachts blind zijn. Staafjes zijn heel gevoelig voor licht. Daardoor kun je ook bij een klein beetje licht al iets zien. Staafjes zitten aan de buitenkant van het netvlies. Daarom zie je er niet scherp mee. Maar je ziet wel beweging. Dus loop je in het donker op straat, dan zie je toch dat er iemand aankomt.

DOORDENKERTJE

Als het 's avonds donker wordt, lijkt het of de kleuren langzaamaan verdwijnen. Ze zijn niet echt weg natuurlijk. Maar jij kunt ze niet meer zien. Welke kleur verdwijnt het eerst? Waarom is dat? Kun je zelf een XperimenT bedenken om dit uit te zoeken?

DOEN IN DE KLAS

Een mens heeft twee ogen en dus twee oogzenuwen. De oogzenuw verbindt je oog met je hersenen. Door elke oogzenuw wordt continu informatie van bijna 100 miljoen cellen gestuurd. Je hersenen weten daar steeds weer een beeld van te maken.

Soms gaat het mis. Dan zie je iets anders dan er echt is; een illusie. Met illusies kun je goed laten zien hoe de hersenen werken. Zoek illusies op internet, bijvoorbeeld via de linkjes op www.utwente.nl/pre-u/xperimenta-magazine.

Laat de illusies in de klas zien en uitproberen. Leg uit waarom de illusie werkt zoals hij werkt. Wat gebeurt er op dat moment in de hersenen?

BIJZONDERE OGEN

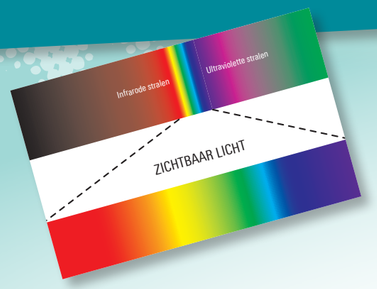
Licht geeft informatie die heel belangrijk is om te kunnen overleven. Een schaduw vertelt een dier dat er misschien een vijand tussen hem en de zon staat. Met goede ogen heb je om te overleven dus een streepje voor. Zebra's bijvoorbeeld kunnen enorm goed zien. Hun ogen zitten aan de zijkant van hun hoofd. Zo kunnen zij hun omgeving aan alle kanten heel goed in de gaten houden. Bijen en andere insecten kunnen ultraviolet licht zien. Voor ons is dat onzichtbaar. De wereld ziet er voor hen dus heel anders uit dan voor ons.

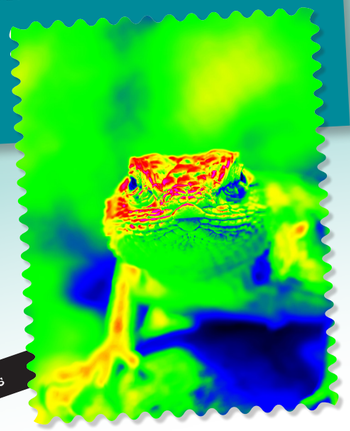
Groefkop-adder

EEN WARM HAPJE

Groefkop-adders heten zo omdat ze aan beide kanten van hun kop twee groefjes hebben. In die groeven zit een bijzonder zintuig, een soort tweede paar ogen. Dat zintuig heeft cellen die gevoelig zijn voor infraroodstraling. Infrarood-straling kunnen wij mensen niet zien. Het wordt uitgezonden door warme voorwerpen, zoals bijvoorbeeld door de hagedis hieronder.

In de groef van de adder zit net zo'n soort vlies als het netvlies in een gewoon oog. De informatie daarvan wordt in de hersenen op dezelfde plek verwerkt als de informatie vanuit de gewone ogen van de adder. De adder kan de warmte van de hagedis dus echt 'zien'. Wel iets minder scherp dan met z'n gewone ogen. Maar dat geeft niks. Zelfs in het donker vangt hij zo een heerlijk hapje!





Hagedis

Zien in troebel water

In veel rivieren is het donker onder water. Door allerlei plantenresten is het water troebel. Dat wil zeggen: vies en ondoorzichtig. Troebel water houdt het licht uit het blauwe deel van het lichtspectrum tegen. Daardoor kun je onder water vooral rood en infrarood licht zien. Veel vissen, waaronder piranha's, goudvissen en zebravissen, hebben zich aan die situatie aangepast. Ze hebben een stofje in hun lijf dat hun ogen gevoelig kan maken voor infrarood licht. Als een zalm vanuit het heldere water van de oceaan de troebele rivier op zwemt, zorgt hij dat dat stofje begint te werken. Zodat hij in de rivier ook kan zien.

Brulkikker

Brulkikkers hebben dat stofje ook. Zij kunnen tegelijkertijd in het water en in de lucht kijken. Ze houden hun ogen dan vlak boven het water-oppervlak. Met de bovenste helft van de ogen turen ze in het water. In dat deel zit het stofje waarmee de ogen infrarood kunnen zien. In het onderste deel, waarmee de kikkers omhoog kijken, zit die stof niet. Zo kunnen ze tegelijkertijd de insecten boven en onder water in de gaten houden.
Sommige vissen, zoals goudvissen, zien ook nog ultraviolet licht. Daarmee zien zij het breedste spectrum aan licht van alle levende wezens.

Als een vis vanuit het water naar de lucht kijkt, hoe ziet het er dan uit? Zoals je op pagina 10 kunt lezen, worden de lichtstralen afgebogen als ze door de overgang van water naar lucht gaan. De wereld buiten het water komt dus vertekend aan in het oog van de vis. Een vis in een vijver onderaan de Eiffeltoren ziet dus ongeveer het plaatje hiernaast. Die foto is gemaakt met een speciale lens: een 'fisheye' (vissenoog)-lens.

Eiffeltoren

De bij

Verschuif nu het licht dat ons oog kan waarnemen een klein stukje langs het lichtspectrum, richting het ultraviolet. Dan krijg je de kleuren die een bij ziet. Een bij is niet meer gevoelig voor rood, maar ziet wel ultraviolet licht.
Wij zien weinig bijzonders aan de gele bloem hieronder, maar in UV-licht wordt duidelijk hoe de bij ziet waar hij het hart met de nectar kan vinden. Dat ziet er voor de bij niet geel, maar zwart uit.

Bron: Dr. Klaus Schmitt, Weinheim, Duitsland

DOEN IN DE KLAS

Dierenogen

Sommige dieren zien meer licht dan wij, sommige minder. Sommige zien scherper, andere vager. De meeste dieren hebben twee ogen, maar er bestaan krabben met drie en spinnen met acht ogen. Sommige dieren kunnen vooral 's nachts goed zien, anderen alleen overdag. De een heeft zijn ogen voorop, de ander aan de zijkant. Er zijn zelfs vissen met ogen aan de onder- en de bovenkant. Ook de pupillen verschillen: er zijn cirkelpupillen, spleetpupillen en balkpupillen.

Andere ogen zien de wereld ook vanuit een ander perspectief. Denk maar aan het kikker- of vogelperspectief. Breng eens in kaart welke dieren welke ogen hebben, hoe de eigenschappen van die ogen van elkaar verschillen en hoe de wereld er voor die dieren uitziet. Welk dier heeft de beste ogen?

Geschiedenis aan het licht brengen

Je kunt de geschiedenis van het licht bestuderen. Maar je kunt licht ook gebruiken om de geschiedenis inzichtelijk te maken. Egyptenaren bewerkten de lichamen van hun doden zo dat ze heel lang bewaard zijn gebleven. Het lichaam werd eerst gebalsemd: ingesmeerd met speciale oliën. Daarna werd het in linnen doeken gewikkeld. Zo'n bewerkt lichaam noemen we een mummie.

Vroeger moest een mummie eerst helemaal uit de doeken gehaald worden. Nu kan met röntgenstraling door de windsels heen gekeken worden. Zonder de mummie te beschadigen kun je zo toch veel over hem te weten komen.

Kunsthistorici gebruiken ook infrarood licht of röntgenstraling. Vooral om te kijken of er achter de bovenlaag van een schilderij nog oudere lagen verf zitten. Zo zie je dat er achter de gitaarspeler hieronder ooit een hele andere figuur was geschilderd.

Dit is wat je ziet in het museum

Dit zie je met infraroodlicht

En dit met een röntgenopname

Pablo Picasso , man met gitaar
Bron: Arctic, Kennislink

1. `Natuurlijk´ vuur
   (niet gemaakt door de mens, wel gebruikt)
2. Zelf vuur maken
3. draagbare (houten) fakkel
4. Egyptische olielamp
5. lampion
6. kaars
7. zonnewijzer
8. camera obscura
9. glazen spiegel
10. vergrootglas
11. bril
12. petroleumlamp
13. gaslantaarn op straat
14. microscoop
15. telescoop
16. elektriciteit
17. lucifers
18. fotocamera
19. gloeilamp
20. zaklamp
21. röntgenfoto
22. CT-scan
23. computer
24. televisie
25. optische chip
26. laser
27. tl-buis
28. spaarlamp
29. LED-lamp
30. moderne straatverlichting
31. zonnepaneel

Voordat de mens vuur kon maken, gebruikte hij waarschijnlijk al wel vuur voor licht en warmte. Dat vuur ontstond bijvoorbeeld door een blikseminslag of bosbrand. Door sporen in grotten weten we dat de vroege mensen al rond 400.000 voor Christus vuur gebruikten.

De oude Grieken en de Romeinen gebruikten olielampjes om hun huizen te verlichten. Daarin brandden ze meestal olijfolie. De lampen werden gemaakt van terracotta, een soort aardewerk, of van brons.
Ze werden vaak mooi versierd, zoals dit lampje dat in de stad Pompeii, in het huidige Italië, is gevonden. Pompeii werd in 79 na Christus verwoest bij een vulkaanuitbarsting. De stad werd geheel bedekt met as. Veel voorwerpen uit het dagelijks leven van de Romeinen zijn onder die as goed bewaard gebleven.

De lucifer is een dun stokje van hout met een kop van een stof die gemakkelijk ontbrandt. Daardoor kun je gemakkelijk en snel vuur maken. De eerste lucifers hadden een kop van zwavel. Deze zwavelstokjes dateren uit het begin van de 19de eeuw.

DOEN IN DE KLAS

Maak een licht-tijdlijn!

Op de volgende pagina staat een lijst met allerlei soorten licht, lampen en andere uitvindingen die iets te maken hebben met licht. Zoek van elk een mooi plaatje op internet of in een boek. Print de plaatjes uit of kopieer ze. Zoek uit in welke tijd de voorwerpen uitgevonden en gebruikt werden. Als je alle plaatjes en jaartallen compleet hebt, plak je ze achter elkaar in volgorde op een groot papier. Zo'n lijst met opeenvolgende gebeurtenissen in de geschiedenis noemen we een tijdbalk of tijdlijn. Kijk eens goed naar de tijdlijn die je gemaakt hebt. Zijn er periodes waarin de uitvindingen elkaar sneller opvolgden? Of tijden waarin er eigenlijk niet veel gebeurde? Heb je een idee waar dat door zou kunnen komen? Hoe kom je daar achter? Welke uitvindingen hadden niet kunnen bestaan zonder een andere ontdekking die eerder in de tijd plaatsvond?

Nederlandse wetenschappers in de Gouden Eeuw

De Gouden Eeuw was een bijzondere periode in de Nederlandse geschiedenis. De zeven provincies in de Noordelijke Nederlanden vormden toen samen de Republiek. De Republiek was rijk, welvarend en machtig. Vooral op zee.

De Nederlanders waren goede kaartenmakers en zeevaarders. In 1602 werd de Verenigde Oostindische Compagnie (VOC) opgericht. Die haalde grote hoeveelheden kruiden en specerijen naar Europa die met veel winst verkocht werden. Zo werd de Republiek het centrum van de wereldhandel. Met al die welvaart en macht was er veel ruimte voor kunst, literatuur en architectuur. En ook voor wetenschap. Nederlanders worden altijd geroemd om hun omgang met het water. Maar er komen ook belangrijke wetenschappers uit Nederland. Zeker op het gebied van het licht.

Bron: Nederlandse Genealogische Vereniging

Hans Lipperhey (1570-1619)

Lenzenmaker & uitvinder van de verrekijker

Middelburg, de hoofdstad van Zeeland, was in de Gouden Eeuw een rijke en belangrijke stad. Er waren veel mensen die glas bewerkten, zoals lenzen- en brillenmakers. Middelburg was ook de eerste stad in de Republiek met een echte glasoven (die noemden ze toen een glashut).

Het is dus niet zo gek dat Hans Lipperhey hier, in 1609, de eerste verrekijker bouwde. Dat was de Hollandse kijker.

Galileo Galilei, de beroemde Italiaanse natuurkundige en sterrenkundige, verbeterde de Hollandse kijker tot de telescoop. Daarmee ontdekte hij onder andere dat de Melkweg een verzameling sterren is, dat rond Jupiter vier heldere manen draaien en dat onze maan niet glad en rond is.

René Descartes (1596-1650)

Frans filosoof, wiskundige & natuurkundige die woonde in Nederland van 1628 tot 1649

In de Republiek was men veel toleranter dan in de landen om ons heen: mensen met een ander geloof of met andere ideeën vonden ze niet eng of slecht, maar juist interessant. Daarom kwamen buitenlandse wetenschappers en denkers graag naar ons land. Zo ook de beroemde filosoof en wiskundige René Descartes. Al was hij dan Fransman, zijn belangrijkste werken schreef hij in Nederland.

Descartes ontdekte net als Snellius (zie het stukje over Snellius hieronder) dat je kunt berekenen onder welke hoek een lichtstraal afbuigt. In tegenstelling tot Snellius zocht Descartes ook uit waarom. En nog belangrijker: hij schreef het op, zodat anderen die kennis ook kregen.

Descartes is nog steeds één van de belangrijkste denkers die we in Europa gehad hebben. Descartes legde de basis voor de moderne filosofie, wiskunde en natuurkunde. Hij had voor die tijd bijzondere ideeën over hoe je onderzoek moet doen in de natuurwetenschappen. Hij zei: er zijn wetten in de natuur en die moet je beschrijven met wiskunde. En: je kunt op niets anders vertrouwen dan op je eigen verstand. Nu vinden we die manier van denken heel gewoon.

Christiaan Huygens (1629-1695)

Beroemd wiskundige, natuurkundige & astronoom

Christiaan Huygens is een van onze bekendste Nederlandse wetenschappers. Huygens was als klein jongetje al dol op wiskunde. En hij was heel muzikaal. In 1690 schreef hij een beroemd boek: de **Verhandeling over het licht.** Hierin verklaarde hij het breken en weerkaatsen van licht door licht te beschrijven als een golf. Hij bouwde ook een 4 meter hoge telescoop. Daarmee ontdekte hij de maan Titan bij de planeet Saturnus en dat Saturnus ringen heeft.

Niet iedereen was het in die tijd eens met zijn idee dat licht zich gedroeg als golven. Isaac Newton, een andere hele beroemde natuurkundige, ging er tegenin: hij verklaarde lichtweerkaatsing en lichtbreking juist met lichtdeeltjes, **fotonen** (zie pagina 15). Pas in de vorige eeuw werd duidelijk dat Huygens en Newton allebei gelijk hadden. Toen begonnen wetenschappers te begrijpen dat licht zich soms gedraagt als golf en soms als deeltje. Helaas heeft Huygens dat zelf niet meer mogen meemaken.

Willebrord Snel van Royen (1580-1626)

Wiskundige, natuurkundige & sterrenkundige

Willebrord Snel van Royen was professor aan de Universiteit Leiden, de eerste universiteit van Nederland. Hij is vooral bekend onder zijn Latijnse naam Snellius. Hij ontdekte in 1621 de Wet van Snellius.
Een lichtstraal die op een doorzichtig materiaal schijnt, bijvoorbeeld op glas, kan van richting veranderen. Ook als een lichtstraal van de ene stof naar de andere gaat, bijvoorbeeld van water naar lucht, verandert hij van richting. Dat noemen we breking (zie ook pagina 10). Snellius ontdekte hoe je kunt berekenen onder welke hoek een lichtstraal wordt afgebogen. Hij hield deze ontdekking jammergenoeg alleen voor zichzelf.

Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723)

Handelaar, lenzenmaker & uitvinder van de microscoop

Antoni van Leeuwenhoek uit Delft ontwikkelde als eerste een microscoop. Hij was eigenlijk een handelaar in stoffen, maar leerde zichzelf glasblazen en lenzen slijpen. Door een lens tussen twee metalen plaatjes te klemmen en te richten op een voorwerp, kon hij dat voorwerp enorm vergroten. Veel meer dan men tot dan toe had gekund. Antonie begon vervolgens allerlei dingen door de microscoop te bekijken. Zo ontdekte hij als eerste bijvoorbeeld eencellige diertjes, bacteriën en zaadcellen.

KIJKEN IN DE TIJD

Je kunt op meerdere manieren werken met licht: als onderzoeker, als lampenverkoper, als elektricien of als oogarts. Vroeger was je als lantaarnopsteker onmisbaar. Zonder jou zou het 's avonds heel donker zijn op straat. Ook Fokko Jan Dijksterhuis heeft van licht zijn beroep gemaakt. Hij onderzoekt hoe men vroeger nadacht over licht. Hij kijkt naar de geschiedenis van de optica, vooral in de periode van 1500 tot 1800.

WAT IS OPTICA EIGENLIJK?

'De optica is de wetenschap die zich afvraagt wat licht is. Waarom doet licht wat het doet? Hoe zien wij licht? Ik probeer te ontdekken wat voor antwoorden men op dat soort vragen gaf. De antwoorden, maar ook de vragen, veranderden namelijk in de loop der eeuwen.'

Kijk je vooral naar wat wetenschappers deden?

'Tegenwoordig kijk ik ook veel naar wat er in de praktijk gebeurde. Newton had een mooie theorie over het mengen van kleuren. Maar als schilder kon je niets met zo'n theorie. Schilders wisten destijds allang hoe je mooie kleuren kunt maken. Dat soort kennis wisselden ze ook uit met de wetenschappers. Vroeger vond de wetenschap niet in een laboratorium plaats, zoals nu. Een wetenschapper was meer een denker, een filosoof. Je ziet de schilderskennis in de 17e eeuw doorsijpelen naar de wiskundigen en natuurkundigen, die die ideeën zonder het te weten gebruikten.'

WAT LEER JE DAAR DAN VAN?

'HET ZEGT IETS OVER WAT WETENSCHAP IS. MENSEN DENKEN DAT EEN WETENSCHAPPER IN HET LABORATORIUM DE BELANGRIJKE VRAGEN VAN HET LEVEN BEANTWOORDT. EN DAT HIJ DAARNA MET DIE KENNIS NAAR BUITEN KOMT, ZODAT DIE GEBRUIKT KAN WORDEN. MAAR IK ZIE IN HET VERLEDEN JUIST HET OMGEKEERDE. ER IS VEEL PRAKTISCHE KENNIS DIE NADERHAND PAS WETENSCHAPPELIJK WERD VERKLAARD. DENK MAAR AAN DE STOOMMACHINE. DIE WERKTE AL HONDERD JAAR UITSTEKEND VOORDAT MEN SNAPTE HOE EN WAAROM HET DING WERKTE. EEN MOOI VOORBEELD UIT DE OPTICA IS DE BRIL. DIE IS AL IN HET JAAR 1300 UITGEVONDEN. MAAR PAS 300 JAAR LATER GING EEN GELEERDE ZICH AFVRAGEN WAAROM HIJ MET DIE BRIL SCHERP KON KIJKEN EN ZONDER DIE BRIL NIET.'

NOU JA ZEG!

'Ja, belachelijk eigenlijk. Die geleerden zaten gewoon door de brillen op hun neus te kijken zonder te weten waarom. Dat zet mij aan het denken. En dan kom je erachter dat de wetenschap tot aan de Renaissance (in de 15e eeuw) dat soort praktische vragen niet stelde. Een bril werd gezien als iets dat vervormt, net als een lachspiegel. Zoiets hoorde toen niet bij de wetenschap. Pas in de Renaissance gingen mensen als Leonardo da Vinci zich afvragen waarom apparaten werken zoals ze werken. Op dat moment veranderden ook de theorieën over het oog: het idee dat de lens in het oog een beeld op het netvlies werpt (zie pagina 28), kwam toen pas op. Toen kon men een bril of telescoop dus ook pas als verlenging van het oog gaan zien. In de middeleeuwen dacht men dat de lens in het oog zelf de beelden opving. Een voorwerp kwam rechtstreeks op de lens en daarom zag je het.'

HOE HAD DE WETENSCHAP ER ZONDER DE DENKERS VAN DE 17E EEUW UIT GEZIEN?

Fokko Jan denkt na: 'Wat is nu echt iets dat in de 17e eeuw ontstond... Ik denk het hele idee dat je in de natuurkunde zoveel met berekeningen doet. Zonder Galilei, Descartes, Huygens en Newton had de natuurkunde misschien veel minder formules gehad, en meer uitleg en experimenten. Tot 1600 was natuurkunde eigenlijk vooral filosofie: het verklaarde waarom dingen zijn zoals ze zijn. Wiskunde vond men geen wetenschap. Dat werd alleen gebruikt om kalenders te berekenen en horoscopen te trekken.

Huygens en Newton gingen het rekenen gebruiken in de natuurkunde. Het leuke is dat je bij Newton dan ook sommige vragen ziet verdwijnen. Als je Newton had gevraagd: 'Wat is zwaartekracht?' dan had hij waarschijnlijk gezegd: 'Dat weet ik niet, maar ik kan wel beschrijven en uitrekenen hoe het werkt.' De natuurkunde sinds Newton stelt sommige vragen gewoon niet; de vraag WAT iets is, vinden ze niet wetenschappelijk. Je moet het kunnen berekenen, dan weet je genoeg.'

Licht als materiaal

Sommige kunstenaars gebruiken geen verf, maar gloeilampen, tl-buizen, LEDs en andere soorten lampen om kunstwerken mee te maken. Kunst waarin licht als materiaal wordt gebruikt, heet ook wel lichtkunst. Vooral door de komst van de kleine LED-lampjes zijn er eindeloos veel mogelijkheden voor kunstenaars ontstaan. De LED-jes kun je aan computers en internet verbinden. Daardoor kun je er allerlei spannende effecten mee creëren.

De bloem uit het universum

'Flower from the Universe'

Foto: Titia Ex

Met glas en gekleurde LEDs maakte de Nederlandse kunstenares Titia Ex (1959) dit bijzondere object: een bloem die de kleur aanneemt van de kleding van de voorbijgangers. Er zitten allerlei metertjes in die meten wanneer iemand voorbijloopt en welke kleur kleding hij of zij draagt. Loop je dus langs met een groene jas aan, dan wordt de bloem precies dezelfde kleur groen!

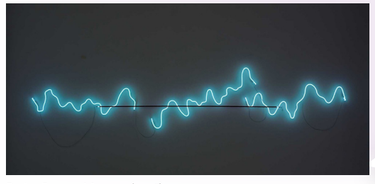
Energie in beeld

Foto: Willem Nabuurs

'Grasspriet met veel energie'

Lichtkunstenaar Jan van Munster (1939) maakt werken over energie. Over warmte en kou, licht en donker, elektriciteit en magnetisme. Bijvoorbeeld De Grasspriet: te vinden op een knooppunt van snelwegen bij Ede. 's Avonds zie je de grasspriet al van verre, want dan zendt hij heel fel groen licht uit.

Ook liet Jan zijn eigen hersengolven meten en zette die om in patronen van licht, zoals hieronder.



Ratio - Jan van Munster (2006)

Wat vind je: moeten we dat nou licht-golven of hersen-golven noemen? Of geen van beide?

Bouwen met licht

Niets lijkt saaier dan de TL-buis. Het roept meteen beelden op van het ongezellige licht in de snackbar of het felle licht in ziekenhuizen. Maar de Amerikaanse kunstenaar Dan Flavin (1933-1996) maakte er de prachtigste kunstwerken mee. Hij gebruikte altijd alleen TL-buizen die je in de winkel kunt kopen. Hij vond het belangrijk om geen bijzondere materialen te gebruiken, maar alleen spullen die iedereen kan kopen. Hij wist die TL-buizen echter zo in de ruimte te plaatsen dat het altijd een bijzonder effect gaf. In het begin van zijn carrière schilderde Flavin, maar toen hij het TL-licht eenmaal ontdekt had, werkte hij nooit meer met verf. Hij zei:

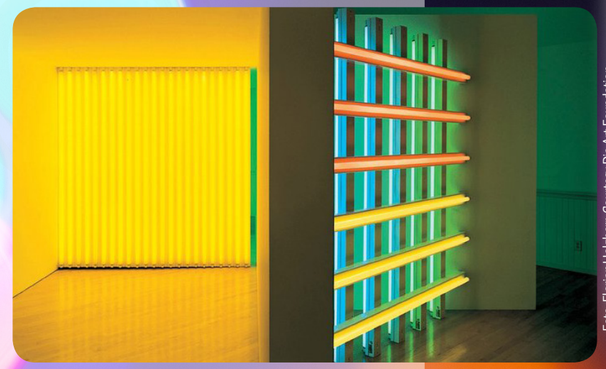


Foto: Florian Holzherr, Courtesy Dia Art Foundation

"Ik houd meer van kunst als gedachte dan van kunst als werk. Dat heb ik altijd volgehouden. Het is belangrijk voor me om mijn handen niet vuil te maken. Niet omdat ik lui ben. Het is wat ik vind: kunst is denken."

DOORDENKERTJE

Ben je het met Flavin eens? Gaat kunst om de gedachte die erachter zit? Of over de vaardigheid: hoe precies je iets kunt naschilderen bijvoorbeeld? Of over de schoonheid van het eindresultaat? Kan iets dat lelijk is toch kunst zijn? En iets dat mooi is geen kunst?

Oneindige spiegelingen

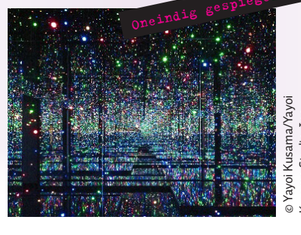
Yayoi Kusama (1929) is een Japanse beeldhouwster en installatiekunstenares. Kusama werkt met veel verschillende technieken en materialen. Ze is wereldberoemd om haar polkadots, regelmatige patronen van cirkels op een effen achtergrond. Maar ze maakt ook al sinds het begin van haar carrière kamers die ze Spiegel/Oneindigheid noemt: het zijn speciaal gebouwde ruimtes met spiegels en lichtgevende ballen die tot in de oneindigheid weerspiegeld lijken te worden.

Polkadots

Foto: Samuel Mark Thompson

Foto: Cindy Yeh

Oneindig gespiegelde kamers



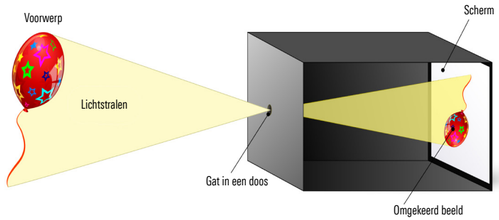
© Yayoi Kusama/Yayoi Kusama Studio, Inc

Lichtfestivals

Lichtkunst kun je bekijken in musea. Maar ook op de vele lichtfestivals die in de winter georganiseerd worden. Bijvoorbeeld op het Amsterdam Light Festival. Via een wandelroute en een vaarroute kun je dan zien hoe allerlei jonge kunstenaars het winterse Amsterdam verlichten. www.amsterdamlightfestival.com

Fotografie:
schrijven met licht

De camera obscura

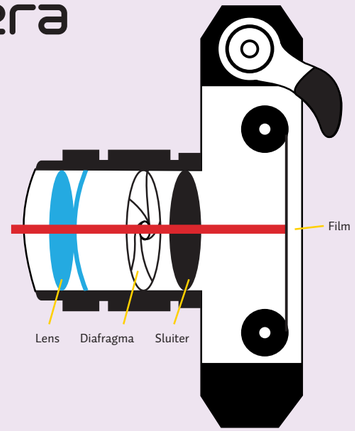


Een camera obscura (Latijn voor: **donkere kamer**) is een ruimte of doos die helemaal donker is. Slechts aan één kant komt licht naar binnen, door een klein gaatje. De lichtstralen die door dit gaatje komen, zorgen voor een beeld van de buitenwereld op de achterwand van de donkere ruimte. Maar dan ondersteboven. Hoe kan dat?

Neem bijvoorbeeld de ballon in het plaatje hiernaast. Je hebt op pagina 8 gelezen dat licht altijd rechtdoor gaat. Vanuit elk punt op de ballon komen lichtstralen via het gat de camera obscura binnen. Een lichtstraal die van onderaan het touwtje komt, gaat rechtdoor en komt bovenaan in de camera obscura uit. Een lichtstraal die van de bovenkant van de ballon komt, gaat juist rechtdoor naar beneden. En dat werkt zo voor alle punten. Dus zie je de ballon precies op zijn kop.

De fotocamera

Eerst kon men het beeld in de camera obscura alleen vastleggen door het na te tekenen. Totdat men in de 18e eeuw ontdekte dat er stoffen bestaan die verkleuren als er licht op komt. We noemen dat **lichtgevoelige stoffen**. Zilver werd bijvoorbeeld donkerder als er licht op viel. Door het beeld in de camera obscura op een lichtgevoelige plaat te laten vallen, kon men het beeld bewaren. En dat was een belangrijke ontdekking die men **fotografie** ging noemen. Dat betekent eigenlijk '**schrijven met licht**'.



De fotocamera's waren eerst heel simpel. Het beeld werd rechtstreeks gemaakt op een glasplaat in de camera. Die glasplaten waren duur. Fotografie was dus vooral voor de rijken. Toen het fotorolletje werd uitgevonden, konden veel meer mensen gaan fotograferen. Nu heeft iedereen een mobieltje met camera of een digitale camera, maar tot enkele jaren geleden fotografeerden de meeste mensen met een **analoge fotocamera**. Vraag je vader of moeder maar eens of ze er nog een op zolder hebben liggen. Zo'n analoge camera bestaat uit een kast waarin het fotorolletje zit, en een lens. Een fotorolletje is een rond lichtdicht doosje waarin een reep lichtgevoelig materiaal opgerold zit. Als er licht op een stuk van de fotorol schijnt, verandert het materiaal. Het deel dat we de lens noemen, bestaat eigenlijk uit een heleboel lenzen en spiegeltjes. Daarmee kun je zorgen dat het beeld dat op het fotorolletje valt, **scherp** is: niet vaag of wazig.

In de lens zitten ook een **sluiter** en een **diafragma**. Die stel je zo in dat er precies genoeg licht op het fotorolletje valt, niet teveel en niet te weinig. Hoe verder je het diafragma open zet, hoe meer licht er binnen kan komen. De sluiter bepaalt niet **hoeveel** licht er binnenkomt, maar vooral **hoe lang** er licht binnenkomt. Als je met schemerlicht toch iets wilt fotograferen, zet je de sluiter en het diafragma dus heel lang open, zodat de camera zo veel mogelijk licht opvangt.

Vroeger bracht je je volle fotorolletje naar de winkel. Daar werden de foto's via een chemisch proces afgedrukt op fotopapier. In een digitale camera zit geen fotorolletje meer. Dat is vervangen door een chip die het licht opvangt en het als plaatje doorstuurt naar een geheugenkaartje of je computer.

DOEN IN DE KLAS!

Een klassenfoto, maar dan een beetje anders

Je kunt overal op internet manieren vinden om een camera obscura te maken: met een paar keukenrollen of een grote doos. Het is heel simpel. Maar je kunt ook proberen een kamergrote camera obscura te maken. Let op: dit is wel een uitdaging! Want als de kamer niet geheel lichtdicht is, lukt het niet.

Kunstenaar Abelardo Morell maakt camera obscura's van hotelkamers en huiskamers. Hij bedekt alle ramen met zwart folie en prikt daar dan een klein gaatje in. Het licht dat door het gaatje valt, tovert het uitzicht van buiten op de muur van de ruimte binnen. Ondersteboven. Dat beeld fotografeert hij vervolgens. Het beeld van de camera obscura is niet zo licht en duidelijk als je hierboven op de foto van Morell ziet. Maar hij laat de sluiter van zijn fotocamera heel lang openstaan, soms wel een dag. En daardoor vangt hij uiteindelijk genoeg lichtstralen op voor een helder beeld.

Doen:

NODIG:
- een klaslokaal of kamer met voldoende (dag)licht
- zwart plastic, zwart of ondoorzichtig plakband
- een tien eurocent muntje
- een fotocamera
- een statief of stevige tafel
- een schoolklas

1. Maak de ruimte goed donker. Plak alle ramen, deuren en kieren af met zwart plastic en plakband. Zorg dat er nergens licht van buiten naar binnen kan komen.
2. Teken de omtrek van de munt op het plastic van het raam. Knip het rondje uit. Je hebt nu een gaatje ter grootte van de munt.
3. Doe de lampen uit. Je ogen moeten misschien even wennen. Wat zie je nu?
4. Stel nu de fotocamera zo op dat je de witte wand van de ruimte in beeld hebt. Maar zorg dat de lichtstralen die door het gaatje komen niet geblokkeerd worden. Zet de fotocamera op een statief of stevige tafel. Stel een zo lang mogelijke sluitertijd in. Maak dan je foto.
5. Is je foto gelukt? Stel dan de kinderen op in de ruimte. Laat ze heel stil staan en maak de foto opnieuw.

clair-obscur

Kijk eens naar het schilderij van schilder Rembrandt van Rijn hiernaast. Valt je iets op? En daarnaast, in het schilderij van de Italiaanse schilder Caravaggio?

Juist. In deze schilderijen is het verschil tussen de lichte en de donkere delen heel groot. Licht is hier heel licht, en donker is juist heel erg donker. In het echt zal je dit nooit zo zien. Normaal gesproken zitten er nog heel wat kleuren tussen licht en donker in.

De tegenstelling tussen licht en donker noemen we **contrast**. En als een schilder of fotograaf het licht-donker-contrast heel erg vergroot, heet dat **clair-obscur**. Zowel Rembrandt als Caravaggio waren meesters in het schilderen in clair-obscur.

Schilderij van Rembrandt van Rijn

Schilderij van Caravaggio

Veel schilders in die tijd lieten het licht gewoon van alle kanten komen. Maar Rembrandt dacht er goed over na hoe het licht op het voorwerp scheen dat hij wilde schilderen. Kwam het licht van de zon of van een kaars? Hoe verspreidde het licht zich door een ruimte? Hoe weerkaatste het licht van voorwerp naar voorwerp? Naar dat soort dingen keek Rembrandt heel goed. Daarom zien zijn schilderijen er vaak heel levendig uit.

DOEN IN DE KLAS

EEN STILLEVEN IN CLAIR-OBSCUR

Veel schilders oefenen met licht en donker door het maken van een stilleven. Daarvoor worden meerdere stilstaande voorwerpen bij elkaar gezet en mooi verlicht. Dat kan een vaas met bloemen zijn, mooie schelpen of een tafel vol eten, zoals hieronder. Maar eigenlijk kun je met allerlei voorwerpen een stilleven maken.

Ook fotografen maken stillevens. Juist als fotograaf kun je, met je diafragma en je sluiter, goed spelen met licht.

DOEN:

Kies een plek uit waar je weinig licht van buiten hebt. Zet een tafel tegen de wand. Laat de kartonnen plaat tegen de wand leunen. Maak dan de lap stof vast aan de hoeken van de plaat, zodat de stof voor de plaat en over de tafel komt te liggen. Dat geeft je een effen achtergrond voor de foto. Zet daarop je voorwerpen op een manier neer die jij mooi vindt. Zet de felle lampen zo neer dat je voorwerpen beschenen worden. Maak de rest van de kamer donker. Ga nu eerst goed kijken. Wat gebeurt er als je de spullen anders combineert? Of als je de lampen verzet? Als je één lamp gebruikt of twee? Als je een zwart laken gebruikt in plaats van een wit? Of een rood laken? Speel een tijdje met de opstelling en maak elke keer een foto. Ook vanuit verschillende richtingen. Kies dan de foto uit die jij het mooiste vindt of maak met de klas een expositie van al jullie foto's.

NODIG:

- vijf of zes voorwerpen van verschillende vorm en grootte
- enkele felle lampen
- een houten of kartonnen plaat
- twee grote effen lappen stof (laken) in een donkere en een lichte kleur
- een fotocamera of mobieltje

THEATERLICHT

In de meeste theaters werkt een licht-technicus: dat is iemand die heel veel verstand heeft van licht en belichting. Je zou het niet verwachten, maar dat is best een belangrijke baan. Als je in een theater zit, heb je vaak niet eens door hoeveel effecten worden opgeroepen door de belichting. Een witte lichtstraal op een bleek gezicht in het donker maakt een toneelstuk ineens superspannend. Komt een nieuw zangtalent de trappen in een TV-studio af, dan hoor je altijd tromgeroffel. Daar hoort natuurlijk een knallende lichtshow bij.

Ook de kleuren zijn belangrijk. Als een klein meisje op het podium in zacht roze licht wordt gezet, ziet dat er lief en veilig uit. Wat schattig, denk je. Maar zet je datzelfde meisje in het donker in een koude blauwe lichtstraal, dan vraag je je ineens af of ze in gevaar is…

Tip: De voorwerpen mogen etenswaren zijn, maar ook speelgoed, sportspullen, gevonden voorwerpen van de straat of uit het bos. Vraag je af hoe deze voorwerpen eruit zien als je er licht op schijnt. Zorgen ze voor een mooie schaduw? Gaan ze glimmen of zijn ze mat? Weerkaatsen of spiegelen ze het licht?

DOORDENKERTJE!

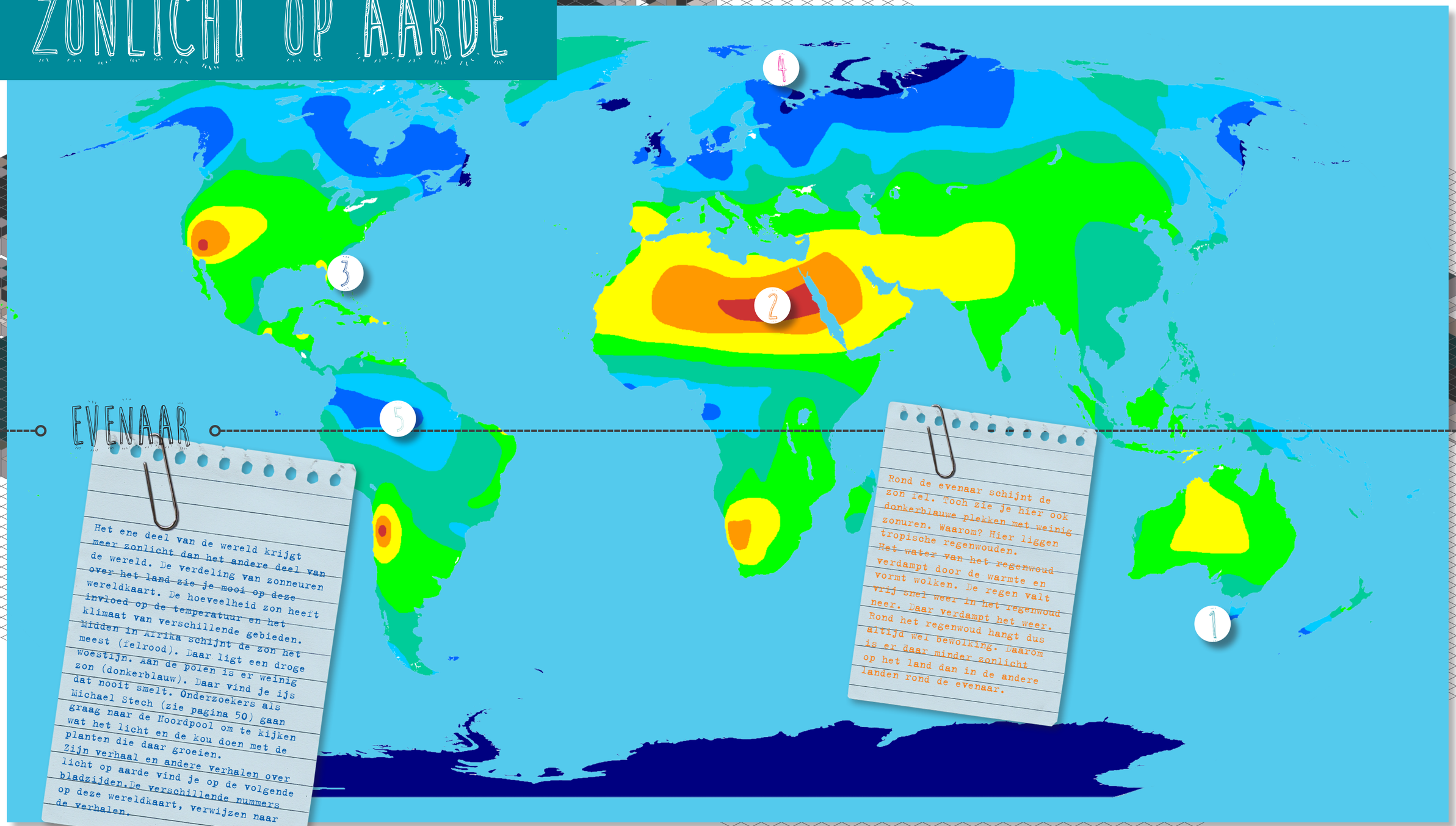
Het liefste zouden we alle prachtige kunstschatten in musea willen ophangen. Maar die oude schilderijen, tekeningen en andere kunstwerken kunnen daar vaak niet goed tegen. Te veel licht beschadigt ze. Denk maar aan een krant die te lang in de zon heeft gelegen. Die wordt helemaal geel. Foto's in oude fotoboeken zijn vaak verbleekt. Het is vooral het UV-licht dat voor schade zorgt.

Denk eens na: als jij museumdirecteur zou zijn, hoe zou je dat dan oplossen?

DOORDENKERTJE!

ER ZIJN NOG HEEL VEEL ANDERE MANIEREN WAAROP LICHT GEBRUIKT WORDT IN DE KUNST. WELKE TOEPASSINGEN KUN JE ZELF NOG VERZINNEN?

ZONLICHT OP AARDE



Het ene deel van de wereld krijgt meer zonlicht dan het andere deel van de wereld. De verdeling van zonneuren over het land zie je mooi op deze wereldkaart. De hoeveelheid zon heeft invloed op de temperatuur en het klimaat van verschillende gebieden. Midden in Afrika schijnt de zon het meest (felrood). Daar ligt een droge woestijn. Aan de polen is er weinig zon (donkerblauw). Daar vind je ijs dat nooit smelt. Onderzoekers als Michael Stech (zie pagina 50) gaan graag naar de Noordpool om te kijken wat het licht en de kou doen met de planten die daar groeien.
Zijn verhaal en andere verhalen over licht op aarde vind je op de volgende bladzijden. De verschillende nummers op deze wereldkaart, verwijzen naar de verhalen.

Rond de evenaar schijnt de zon fel. Toch zie je hier ook donkerblauwe plekken met weinig zonuren. Waarom? Hier liggen tropische regenwouden.
Het water van het regenwoud verdampt door de warmte en vormt wolken. De regen valt vrij snel weer in het regenwoud neer. Daar verdampt het weer. Rond het regenwoud hangt dus altijd wel bewolking. Daarom is er daar minder zonlicht op het land dan in de andere landen rond de evenaar.

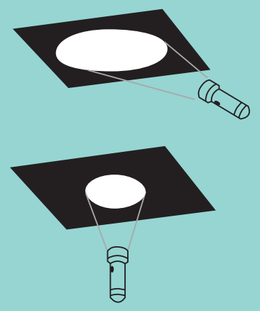
DOEN IN DE KLAS

Hoe zit dat?

Nodig:
- een vel papier
- een potlood
- een zaklamp
- een gloei- of bollamp
- een wereldbol

1. Zet een punt op het papier.
   Houd de zaklamp recht boven de punt en schijn op het papier.
   Wat zie je?

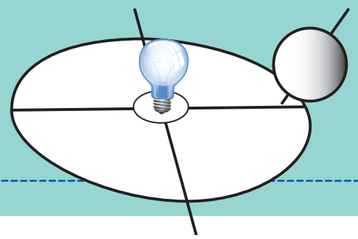
2. Houd de zaklamp nu schuin.
   Schijn van opzij naar de punt op het papier.
   Wat zie je nu? Wanneer is het warmer op de plek waar je de punt hebt getekend? In situatie 1 of situatie 2?



Antwoord: Situatie 1. Hoe kleiner het oppervlak, hoe warmer. Als de zon recht boven de aarde staat, vallen de zonnestralen op een kleiner oppervlak. Dat warmt op. Als de zon schuin op het aardoppervlak valt, moeten dezelfde zonnestralen een grotere oppervlakte verwarmen. Gemiddeld blijft het daar dan koeler.

3. Neem nu de wereldbol. Zie je dat hij gekanteld is? Dat komt omdat de aardas scheef staat ten opzichte van de baan die de aarde om de zon maakt. Maak de klas donker op de bollamp na. Laat iemand voor de klas de bollamp vasthouden. Laat een ander kind er met de wereldbol langzaam omheen lopen. Zorg dat de aardas altijd schuin in dezelfde richting scheef blijft staan.

4. Beantwoord nu samen de volgende vragen: Waarom krijgt het ene land meer zonlicht dan het andere land? Waarom is het altijd koud op de Noordpool? Hebben de landen rond de evenaar seizoenen? Waarom is het op de Noordpool de helft van het jaar donker? Waarom zijn dag en nacht rond de evenaar even lang? Waarom duren bij ons in Nederland de dagen in de zomer langer dan in de winter?



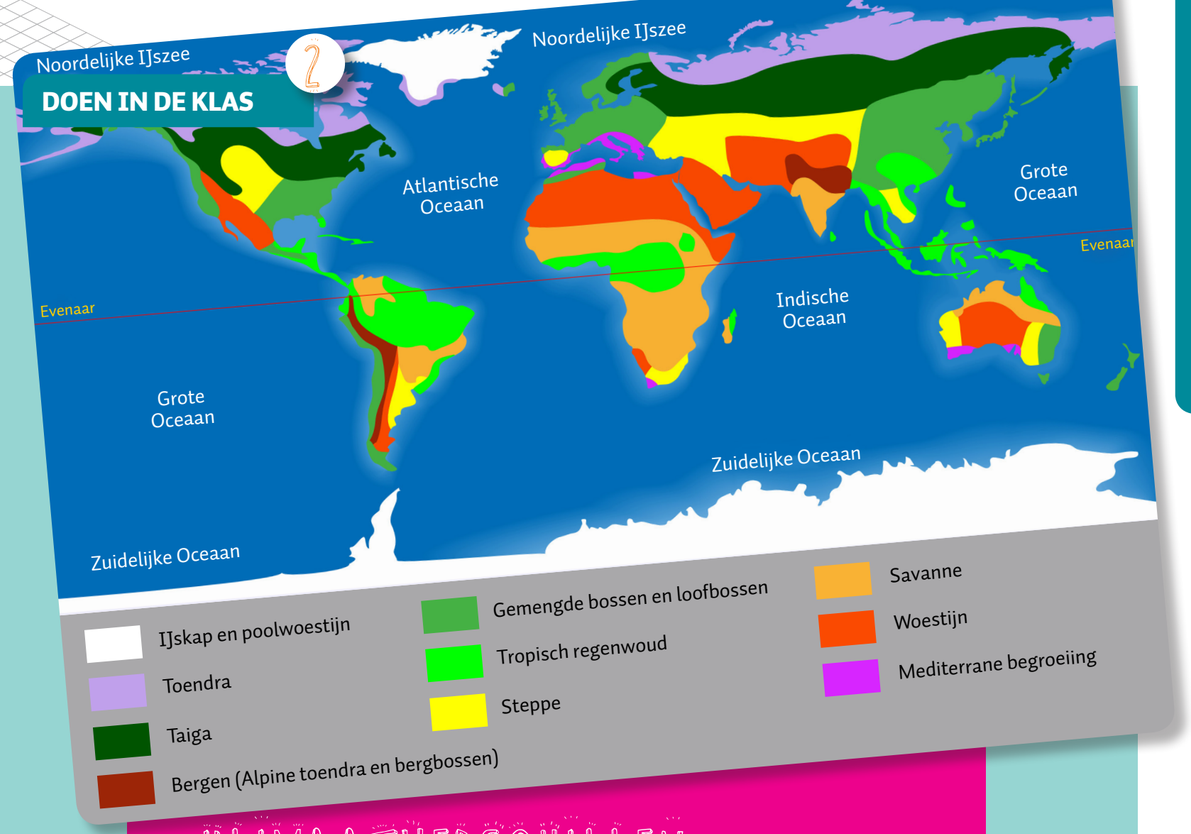
1

HET ZUIDERLICHT

Je hebt vast wel eens gehoord van het noorderlicht. Het wordt ook wel aurora borealis genoemd. Het zijn bogen en stralen van licht aan de poolhemel. Meestal in de kleuren pastelgroen of roze. Maar soms ook in het rood, blauw, geel, felgroen of violet. Je ziet ze in de winter door de nachtelijke poollucht bewegen. Elk jaar reizen duizenden toeristen naar IJsland of Lapland. Ze willen dit licht allemaal met eigen ogen zien. Maar wist je dat je net zo goed een ticket naar Tasmanië (1) kunt boeken? Daar hebben ze het zuiderlicht, aurora australis. Het schijnt het hele jaar door en is minstens zo mooi.

2

DOEN IN DE KLAS



KLIMAATVERSCHILLEN

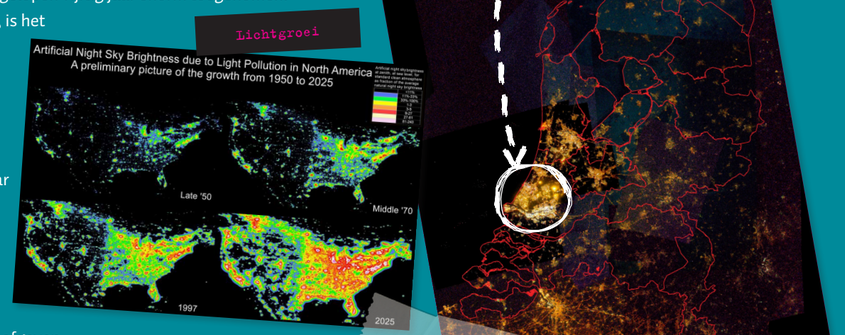
Verschillende landen hebben verschillend weer. Dat merk je al als je op vakantie gaat naar Spanje. Daar is het meestal warmer dan in Nederland. Het gemiddelde weer in het land over een lange tijd, bijvoorbeeld over dertig jaar, noemen we het klimaat van het land. Onder andere door de verschillen in zonlicht zijn er verschillende klimaten op de wereld. Rondom de evenaar, waar de zon veel schijnt, hebben bijna alle landen altijd warm weer. We kunnen de wereld onderverdelen in stukjes met een verschillend klimaat: klimatologische zones. Je ziet de verschillende zones op de kaart hiernaast.

Wat betekenen die verschillende klimaten voor mensen, planten en dieren? Verdeel je klas in groepen. Laat elke groep informatie over een van de klimaatzones verzamelen. Is het er nat of droog? Welke planten groeien er? Welke dieren leven er? Welk voedsel wordt er verbouwd? Hoe leven de mensen daar? Welke overeenkomsten zijn er tussen de landen in die zone? Wat zijn de verschillen met de klimaatzones van andere groepjes?

NOOIT MEER SLAPEN

Ken je dat? Je bent op vakantie in een afgelegen gebied, bijvoorbeeld in de bergen. ’s Avonds lig je in je tentje. Je ziet meer sterren dan je ooit hebt gezien. Wat is het donker! De lucht bij jou thuis in de stad is nooit echt zwart. Zelfs als alle lampen uit zijn, lijkt het nog alsof de lucht licht geeft. Wat je dan ziet is lichtvervuiling. Op veel plekken wordt er zoveel licht uitgestraald door lampen en andere kunstverlichting, dat ook de nachtlucht er lichter van wordt.

’s Nachts is overal kunstlicht. Straatlantaarns maken dat we veilig over straat kunnen. In veel Amerikaanse steden zijn de winkels 24 uur per dag open. De advertentieborden schitteren in felle neonkleuren. In Amerika is de hoeveelheid kunstmatig licht in de afgelopen vijftig jaar enorm toegenomen. Dat zie je op deze foto. Waar het rood is, is het meeste licht. In 1958 scheen er rond een paar grote steden redelijk wat licht. Straks, in 2025 is er haast geen donker plekje meer over.



Ook als je ’s nachts vanuit de ruimte naar Nederland kijkt, zie je overal lampjes. André Kuipers, een Nederlandse astronaut, maakte er foto’s van. Samen vormen die foto’s de meest rechtse kaart. Je ziet dat vooral de tuinbouwkassen in het Westland enorm veel licht afgeven. Maar ook de steden en grote snelwegen zijn duidelijk te zien.

IN DE WAR

Al die verlichting gebruikt energie. Dat kost geld en is slecht voor het milieu. Het heeft ook effect op mensen en dieren. Volgens sommige onderzoekers maakt te veel licht ons lichaam in de war. Daardoor slapen we slecht of worden we somber. Ook voor nachtdieren is het lastig als het ’s nachts te licht is. Een uil jaagt het liefste in complete duisternis. Hij hoort de muizen, terwijl zij hem niet zien. Maar als het zo licht is dat de muis zijn jager wel ziet.... foetsie is ‘ie.

Licht houdt dieren uit hun winterslaap. Het maakt ze zo in de war dat ze worden aangereden. Trekvogels kunnen hun weg niet meer vinden. Er is een verhaal over drie hanen uit het Amstelpark in Amsterdam. Die gingen aan de wandel en kwamen op een grasveld bij een flat terecht. Daar hielden ze de bewoners wekenlang uit hun slaap. Want elk half uur kraaiden ze luid. De reden? De felle straatlantaarns: ze dachten dat het dag was...

XperimenTeer!

STERREN TELLEN

In de stad zie je veel minder sterren dan op het platteland. Hoe donkerder het is, hoe meer sterren er te zien zijn. Met een leeg wc-rolletje kun je dat gemakkelijk meten. Het moet dan natuurlijk wel een heldere nacht zijn, zonder wolken. Zoek ’s avonds een opvallende ster uit. Houd het wc-rolletje voor je oog, als een soort sterrenkijker. Je andere oog moet je dichtknijpen. Of houd je hand ervoor. Richt

je kijkertje op de ster, zodat je die precies in het midden ziet. Tel dan hoeveel sterren je nog meer door je wc-kijkertje kunt zien.

Doe dit proefje eerst bij jou thuis, in de tuin of op het balkon. Als je in de stad woont, zul je niet zo heel veel sterren kunnen tellen. Zoek dan een echt donkere plek op, buiten de stad, en doe het proefje nog een keer. Je zult zien dat je dan veel meer sterren telt. Natuurlijk moet je je kijkertje wel op dezelfde ster richten!

Je kunt de lichtvervuiling ook meten met een App op je smartphone, zoals Loss of the Night (Android) of Dark Sky Meter (iPhone). De uitkomsten van de proef met je wc-rolkijkertje kun je ook invoeren op de website Globe at Night (http://www.globeatnight.org/about.php). Als je jouw bevindingen daar invult, kun je ze vergelijken met duizenden gegevens uit wel 115 verschillende landen. Samen met vele anderen breng je zo de lichtvervuiling over heel de wereld in kaart. Best stoer, toch?

DOEN IN DE KLAS

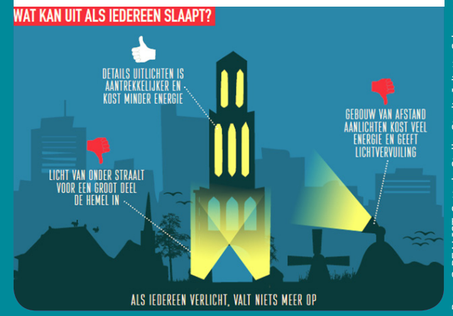
Bron: Munisense

LICHT VERMINDEREN

Verlichting is belangrijk. Maar we kunnen wel zuiniger met licht en energie omgaan. In veel steden kiest men al voor lampen die alleen het wegdek beschijnen en niet de lucht. Langs sommige snelwegen gaat de wegverlichting ’s nachts uit.
Ook bestaan er vleermuisvriendelijke lampen en fietspaden die pas oplichten als je eroverheen fietst.

Kun je nog meer oplossingen vinden of bedenken om de lichthinder te verkleinen? Maak samen met je klasgenoten/leerlingen een overzicht van allerlei mogelijke oplossingen. Onderzoek welke ervan in jouw buurt toegepast kunnen worden.

Maak samen een plan en zet het op papier. Bied dat de verantwoordelijke ambtenaar in jouw gemeente aan.



Bron: C-REALIST, Sotto le Stelle, Studio Juliette Schraavers

MOSSENEXPERT OP DE NOORDPOOL

Michael Stech is onderzoeker bij Naturalis Biodiversity Center. Dat is een museum en onderzoeksinstituut in Leiden. Naturalis heeft wel 37 miljoen dieren, planten en andere materialen uit de natuur in haar collectie. Wetenschappers gebruiken die verzameling bijvoorbeeld om het ontstaan en de ontwikkeling van het leven op aarde te onderzoeken. Michael Stech is mossenexpert. Hij onderzoekt de mossen in de verzameling van Naturalis. En vergelijkt ze met mossen die hij vindt tijdens zijn reizen. Bijvoorbeeld naar het Noordpoolgebied.

Rode en groene mossen in Oost-Groenland

Rode en groene mossen in Spitsbergen

Mossen op de stam van een boom in het Atlantisch regenwoud in Brazilië

Bron: eigen werk, Micheal Stech

Oeroude mossen

Michael: ‘Mossen zijn belangrijke planten voor de natuur. Ze houden veel water vast. Dat is prettig voor de planten en dieren om hen heen. Maar zelf kunnen veel mossen ook lang zonder water. Ze drogen uit en als het weer vochtig is, groeien ze verder. Er wonen ook allerlei kleine beestjes in mossen.’

‘Mossen overleven in extreme omstandigheden. In het Noordpoolgebied bijvoorbeeld krijgen ze in de zomer continu licht, en in de winter bijna niet. In het Noordpoolgebied (4) komen dan ook andere mossen voor dan in het regenwoud vlakbij de evenaar (5).’

‘Omdat mossen zich heel goed kunnen aanpassen, bestaan ze al heel lang. Ze behoren tot de oudste planten ter wereld. Er zijn veel verschillende soorten, elk aangepast aan de plek waar hij leeft. Dat maakt mossen superinteressant om te onderzoeken. Vooral als je iets wilt weten over evolutie. Evolutie gaat over de vraag hoe het leven op aarde en alle verschillende dier- en plantensoorten zich hebben ontwikkeld.’

Veldwerk

Michael en zijn team kijken welke mossen er in het Noordpoolgebied groeien. Maar alleen in de zomer. In de winter is de Noordpool bedekt met sneeuw en is het er het grootste deel van de dag donker. Ze verzamelen verschillende soorten mossen en noteren per stukje grond hoeveel van welke planten er te vinden zijn; een precisiewerkje!

In Naturalis wordt er daarna verder onderzoek gedaan. Hoe verschillen mossen van elkaar? Hoe en waarom hebben mossen zich aangepast aan hun omgeving? En als mos A vooral op dat stuk grond voorkomt, en mos B ergens anders, waardoor komt dat dan? Door het licht, door de temperatuur, door de soort grond waarop het mos groeit?

Mos met een zonnebril?

Michael: ‘Mossen zijn eigenlijk schaduwplanten. Ze hebben geen wortels. Ze nemen water op via hun hele lichaam, dat bij de meeste mossen uit kleine stengels en bladeren bestaat. Ze houden dus van een vochtige omgeving. Bijvoorbeeld aan de onderkant van de stam van een boom, zoals in het oerwoud. Het is daar vrij donker.
De meeste mossen kunnen dan ook met weinig licht nog voedingstoffen aanmaken via fotosynthese (zie pag 26). Bijvoorbeeld omdat hun bladeren heel dun zijn. Het licht kan de bladgroenkorrels makkelijk bereiken. De mossen blijven daarbeneden groen.’

‘Maar in de top van de oerwoudbomen is het erg licht. Daar zijn de mossen vaak rood of bruin. Ook op de toendra, de vlakten aan de rand van het Noordpoolgebied, heb je prachtige rode mossen. Er zijn daar geen bomen en de zon staat laag. In de zomer krijgen die mossen wel 24 uur per dag licht. Het ultraviolette (UV) licht van de zon is niet goed voor ons. Het verbrandt onze huid. Ook voor de mossen is het schadelijk.’

Lastig: mossen kunnen geen zonnebril opzetten of zich insmeren met zonnebrandcrème. Dus hebben ze zich in de loop der eeuwen op andere manieren leren beschermen tegen te veel licht. Een rode kleur werkt als een filter: het houdt UV-licht tegen. Sommige mossen hebben aan de bovenkant van hun bladeren haartjes. Wordt het te droog dan krullen de bladeren zich om de stengel en zie je alleen grijswitte haartjes die het licht reflecteren. Weer andere mossen schuilen onder kleine rotsen van kwarts. Dat is een doorzichtige steensoort die hen tegen de zon beschermt, net alsof zij achter een raam van glas zitten. Slim!

Zonlicht is gezond!

Licht is niet alleen belangrijk omdat we daardoor kunnen zien. Het licht beïnvloedt ook ons lijf. Op allerlei manieren. Onze hersenen reageren bijvoorbeeld op licht en donker. Als de zon onder gaat, maken ze een stofje aan dat we MELATONINE noemen. Dat stofje komt in je bloed. Daardoor wordt je slaperig en weet je dat het tijd is om naar bed te gaan. Het reageren van ons lijf op licht en donker noemen we onze 'biologische klok'. Die klok zorgt voor ons dag- en nachtritme.

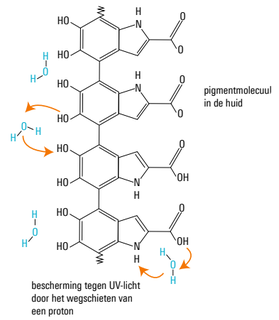
Soms raakt je biologische klok in de war. Bijvoorbeeld als je een lange vliegreis naar Japan maakt. Je lichaam denkt dan nog dat het dag is. Terwijl het als je aankomt in Japan dáár al nacht is. Je moet naar bed, maar je kunt niet slapen omdat je lichaam in de war is. Of je bent midden in de nacht ineens klaarwakker. Dat noemen we een JETLAG.

Ook het blauwe licht van je mobiele telefoon of tablet kan je biologische klok van slag maken. Het lijkt een beetje op zonlicht. Als je 's avonds lang naar zo'n schermpje kijkt, denken je hersenen dat het nog dag is. Dan maken zij minder melatonine aan. Daardoor slaap je slechter in en slaap je minder diep.

Licht is ook belangrijk voor je humeur. Zonlicht en fel daglicht zorgen dat je lichaam stofjes aanmaakt waar je blij van wordt. Onder andere serotonine en vitamine D. Vitamine D heb je ook nodig om sterke botten te houden. In de landen rondom de Poolcirkel is het in de winter lange tijd overdag niet licht. Daar zijn de mensen vaker erg somber dan in andere landen. Ook in Nederland zijn er mensen die in de winter somber worden. Zo'n 'winterdip' wordt vaak behandeld met een speciale daglichtlamp. Als je daar een paar uur per dag voor gaat zitten, gaat je lijf de stofjes die je mist, weer extra aanmaken.

Elke dag een kwartiertje buiten zijn, is heel gezond. Vooral tussen twaalf en drie 's middags. Maar diezelfde zonnestralen zijn ook schadelijk voor je huid, dus blijf vooral niet te lang in de zon en smeer je goed in!

Waarom beschermt een donkere huid beter tegen UV-licht dan een lichte?



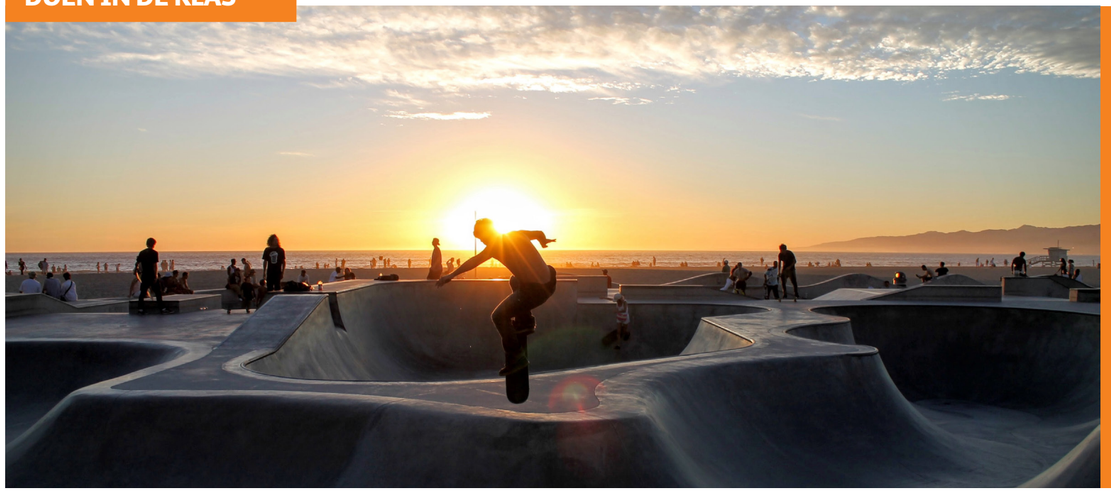
In je huid en je haar zitten kleurstoffen. Die noemen we pigmenten. Deze pigmenten absorberen bepaalde golflengtes van het zonlicht. Ook het ultraviolette UV-licht. Dat is heel slecht voor je huid. Het is het deel van het licht waar je bruin van wordt of door verbrandt. En je kunt er ook huidkanker van krijgen. In je huid en haar zitten twee soorten pigment: *eumelanine* en *pheomelanine*. Eumelanine zorgt voor de donkere kleur van zwart en bruin haar en geeft de huid een bruin kleurtje.
Zo beschermt het de huid. Mensen met rood haar en een lichte huid hebben niet veel eumelanine. Daardoor verbranden ze sneller en ontwikkelen ze vaker huidkanker.

Hoe beschermt eumelanine onze huid dan precies? Dat vroeg Annemarie Huijser (zie ook pagina 62) van de Universiteit Twente zich af. Ze beantwoordde die vraag door *pigment-moleculen* te bestoken met superkorte laserflitsen UV-licht.
Het pigment neemt het licht op en straalt een deel van het opgenomen licht daarna weer uit. Dat heet fluorescentie. Aan de hand van het uitgestraalde licht kun je bepalen wat er binnen in het pigmentmolecuul gebeurt.

Als je huid UV-licht absorbeert, wil hij die straling ook weer graag kwijt. Hij kan dat bijvoorbeeld doen door superongezonde *radicalen* te vormen. Radicalen zijn moleculen met vrije elektronen (negatief geladen deeltjes). Dit zorgt ervoor dat het radicaal graag een chemische reactie aangaat met een ander molecuul; we zeggen dan dat het radicaal heel erg reactief is. Doordat het een reactie met een ander molecuul aangaat, verandert het pigment van samenstelling. En dan kan er van alles misgaan, soms met kanker tot gevolg.

Annemarie zag dat het eumelaninemolecuul geen radicalen vormt. Het werkt anders: op het moment dat er UV-licht wordt geabsorbeerd, schiet dit type molecuul heel snel een positief geladen deeltje (een proton) van de ene kant naar de andere kant van het molecuul. Daardoor hoeft het molecuul geen gevaarlijk elektron af te stoten. Er komt alleen wat warmte vrij en dat kan geen kwaad. Mensen met meer eumelanine in hun huid (mensen met een donkere huidskleur) zijn dus beter beschermd tegen de zon, omdat de moleculen in hun huid anders reageren op schadelijk UV-licht.

DOEN IN DE KLAS



ADHD EN ZONLICHT

In elke klas zit wel een kind dat heel druk is. Soms heeft zo'n kind last van ADHD. ADHD staat voor: 'Attention Deficit Hyperactivity Disorder'. In het Nederlands vertaald: EEN STOORNIS WAARBIJ JE SLECHT JE AANDACHT BIJ IETS KUNT HOUDEN EN HEEL ERG DRUK BENT (HYPERACTIEF). ADHD gaat vaak samen met slaapproblemen. Kort geleden verscheen er een onderzoek dat liet zien dat ADHD minder voorkomt in zonnige landen. Landen als Spanje, Italië en Mexico. De onderzoekers denken dat dit komt omdat mensen in die landen meer zonlicht krijgen. Daardoor zou hun biologische klok minder ontregeld zijn dan bijvoorbeeld die van ons in Nederland. Wat denk je, is dat zo? IN DE BALLONNEN HIERNAAST STAAN VERSCHILLENDE MENINGEN. GEBRUIK DIE OM MET JE KLAS IN DEBAT TE GAAN.

In die landen zijn ze ook armer. Misschien hebben ze minder vaak een smartphone. Want daarvan blijf je wakker. Dan ben je de volgende dag moe en sneller afgeleid.

DAT KLINKT LOGISCH!

HET IS DAAR MOOIER WEER. DUS SPELEN DE KINDEREN DAAR VEEL MEER BUITEN. BUITEN KUN JE LEKKER RENNEN EN DRUK DOEN EN DAN BEN JE DAARNA RUSTIGER IN DE LES.

Of misschien eten ze heel andere dingen? Sommige mensen zeggen dat je ADHD krijgt van veel kleurstoffen en suiker in je voedsel.

Misschien vinden ze daar minder snel dat je ADHD hebt? Dat ze het wel leuk vinden als je een beetje druk doet?

Op bezoek bij de oogprofessor

Prof. dr. Joke de Boer is professor en oogarts aan het Universitair Medisch Centrum Utrecht. Ze doet wetenschappelijk onderzoek naar oogontstekingen en behandelt kinderen met allerhande oogproblemen.

Met welk soort problemen komen kinderen bij jou?

'Op mijn kinderspreekuur zie ik vooral kinderen met een ontsteking binnen in hun oog. Soms krijg je dan een rood oog, maar vaak merk je alleen dat je zo'n ontsteking hebt doordat je wazig gaat zien of doordat er vlekken of sliertjes in je beeld komen. Als de ontsteking niet op tijd wordt behandeld, kun je slechtziend worden.

Verder zie ik ook kinderen waarbij de druk in het oog te hoog is. Druk op de oogzenuw zorgt ervoor dat hij minder goed gaat werken. Als delen van de zenuw afgekneld raken, verdwijnen er soms hele stukken uit je gezichtsveld. En er zijn ook altijd wel kinderen die een ongeluk hebben gehad met een dartpijltje, glas of vuurwerk.'

Wat gebeurt er als een deel van je oog niet goed werkt?

'Er kan op allerlei gebieden in je oog iets misgaan. Op pagina 29 kun je lezen over de lichtgevoelige cellen in je oog; de staafjes en de kegeltjes. De kegeltjes zitten in het midden van je netvlies; dat heet de gele vlek. De staafjes zitten eromheen. Iemand die de staafjes in zijn ogen verliest, ziet alleen nog maar met zijn gele vlek. Die krijgt kokervisie: dat wil zeggen dat je alleen nog de dingen recht voor je ziet, met je kegeltjes. De rest eromheen zie je niet meer.

De iris is de ring rondom je pupil. Die geeft je ogen hun blauwe, bruine of groene kleur. Sommige mensen worden zonder iris geboren. Zij kunnen niet tegen fel licht. De iris regelt hoeveel licht je oog binnenkomt. Als je geen iris hebt, komt er dus altijd teveel licht binnen.'

Wat is slecht voor je ogen en moet je dus niet doen?

'Kijk nooit rechtstreeks in de zon!
Ook niet door een zonnebril, telescoop of verrekijker. Als je te lang recht in de zon kijkt, vallen de zonnestralen precies op je gele vlek. Die cellen daar raken beschadigd en kunnen niet meer worden gerepareerd.
Bij elke zonsverduistering kijken er een paar mensen te lang in de zon. Die zijn voor de rest van hun leven blind. Gebruik dus altijd een speciale bril voor zonsverduisteringen.

Draag tijdens het skiën een zonnebril die het UV-licht echt tegenhoudt. UV-licht dringt namelijk dieper door in je oog dan ander licht, waardoor je je hoornvlies kunt verbranden.

Neem nooit een bril met blauwgekleurde glazen. Omdat je oog dan denkt dat het donker is, gaat de pupil verder open staan en komt het schadelijke licht juist dieper in je oog terecht.
Wat ook erg gevaarlijk is, is spelen met laserpennen. Als je erin kijkt, krijg je direct een brandplek op je netvlies.'

XperimenTeer!

Kokervisie

DOEN:

1. Houd één oog dicht en kijk met het andere oog door de keukenrol. Wat zie je?

2. Vouw een stukje aluminiumfolie strak over het uiteinde van de keukenrol. Maak met de punt van het potlood een gaatje in het folie. Wat zie je nu? Beweeg de rol heen en weer.

3. Maak nu het puntje tot een gleuf en kijk door de rol terwijl je de gleuf horizontaal houdt. Wat gebeurt er? Hoe denk je dat dit komt?

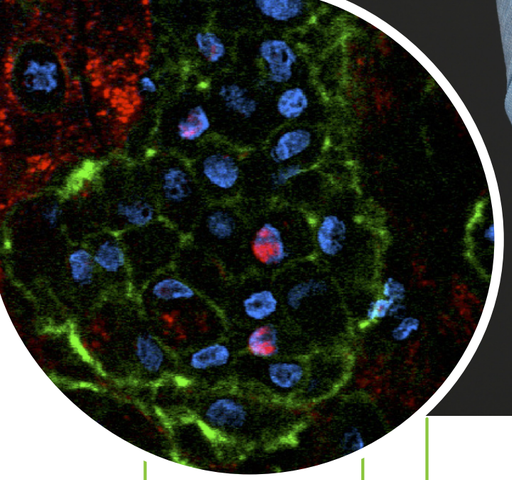
4. Loop nu een rondje, eerst alleen met één oog dicht, daarna met de keukenrol voor je oog. Hoe is dat? Probeer daarna via de keukenrol een bladzijde uit een boek te lezen en een gesprek te voeren met een groepje anderen.

5. In veel verhalen komen cyclopen voor. Dat zijn mensen of dieren met maar één oog. Misschien ken je wel een paar cyclopen.
Bijvoorbeeld Mike Wazowski uit Monsters Inc. of een van de Minions.

HOE ZOU HET ZIJN OM MAAR EEN OOG TE HEBBEN? WANNEER IS DAT ONHANDIG?
EN ZIJN ER OOK SITUATIES WAARIN HET WEL HANDIG IS? Denk bijvoorbeeld aan de uitdrukking: In het land der blinden is éénoog koning.
SCHRIJF EEN VERHAAL WAARIN JE DOET ALSOF JE DE EENOOG BENT.
Bedenk een plek waar je je bevindt. Waar ga je heen? En wat gaat er gebeuren?
Schrijf het op en benoem onderweg alles wat je voelt, hoort, ziet en doet.

NODIG:

- lege keukenrol
- aluminiumfolie
- schaar
- scherp potlood



Opereren

MET DE OGEN VAN EEN SLANG

Dr. Herman Offerhaus: natuurkundige & onderzoeker aan de Universiteit Twente

Wist je dat je licht ook heel goed kunt gebruiken in het ziekenhuis? Je kent vast de röntgenfoto's waarmee je kunt zien of je been gebroken is. Maar er zijn nog veel meer manieren waarop je licht kunt gebruiken om ziekten te onderzoeken of te behandelen. Herman Offerhaus legt uit hoe je met licht kanker kunt opsporen.

'Als iemand huidkanker heeft, dan zie je dat vaak aan donkere plekken op de huid. Ook op andere plaatsen in het lichaam heeft kankerweefsel een andere kleur dan normale, gezonde cellen. Een chirurg probeert zo'n groep kankercellen (dat heet een tumor) weg te snijden. Dan kijkt hij naar die verschillen in kleur. Hij wil natuurlijk alleen de tumor weghalen en geen gezonde delen. Maar ja, ook gezonde weefsels hebben verschillende tinten. Nieren zijn wat roziger, de lever is donkerrood. Dat maakt het lastig om te zien waar de kanker precies zit.

'We werken samen met het Academisch Ziekenhuis in Groningen aan bijzondere camera's die chirurgen helpen tijdens het opereren. Die camera's werken met infrarood licht, omdat je alleen daarmee diep genoeg in het weefsel kunt kijken. Met zichtbaar licht lukt dat niet, want dat weerkaatst naar alle kanten. Eén van de dingen die we doen, is extra licht in tumoren stoppen. Kankercellen in een tumor gedragen zich anders dan de gezonde cellen eromheen. Agressieve tumoren willen groeien. Daarvoor hebben ze energie nodig, die ze halen uit suiker. Dus spuiten de doktoren in het ziekenhuis de patiënt voor een operatie een speciaal soort suiker in. Aan die suiker is een lichtgevend molecuul toegevoegd. De kanker vindt die suiker lekker, dus komen die lichtgevende moleculen vooral bij de kanker terecht.'

'Die lichtgevende moleculen geven geen licht dat wij kunnen zien. Maar ze zenden infrarood licht uit dat je kunt zien met een speciale camera. Zo ziet de chirurg tijdens de operatie precies waar de tumor zit.'

'Op pagina 30 heb je gezien dat veel dieren een groter bereik aan licht zien dan wij. Bijen zien UV-licht. Slangen en vissen kunnen infrarood licht onderscheiden. Eigenlijk proberen we met de infraroodcamera de chirurg ook de ogen van een slang te geven. Door hen te helpen een groter bereik aan licht te zien, krijgen ze veel meer informatie dan nu en kunnen ze nog beter opereren.'

SPIDER-MAN

OF

WONDER-WOMAN

?

WELK SUPERZINTUIG HEEFT JOUW HELD ?

Kijk eens naar de dierenogen op pagina 31. Er zijn nog meer zintuigen die dieren hebben en wij niet. Maak een lijst van dierenzintuigen die wij mensen niet hebben. Welke eigenschap zou leuk of handig zijn om te hebben: het zicht van een arend? Het richtingsgevoel van een postduif? De gevoelige huid van een krokodil?

Superhelden in stripboeken en films hebben vaak bovenmenselijke krachten. Elsa uit Frozen kan dingen bevriezen met haar handen. Superman heeft röntgenogen. SpiderMan ziet in het donker. Zijn spinnenzintuig waarschuwt voor gevaar.

Kun jij zelf een superheld of -heldin verzinnen? Met een superzintuig? Hoe maakt hij of zij de wereld beter met zijn of haar superzintuig? Beschrijf je superheld zo goed mogelijk. Je mag tekenen, een verhaal schrijven, filmpjes maken, een superkostuum ontwerpen, een toneelstuk maken. Presenteer je held of heldin aan je klas en ga daarna met elkaar in debat wie de beste wereldverbeteraar zou zijn en waarom.

Licht vieren

En er was licht...

'In het begin schiep God de hemel en de aarde. De aarde was nog woest en doods, en duisternis lag over de oervloed, maar Gods geest zweefde over het water. God zei: 'Er moet licht komen' en er was licht. God zag dat het licht goed was, en hij scheidde het licht van de duisternis; het licht noemde hij dag, de duisternis noemde hij nacht. Het werd avond en het werd morgen. De eerste dag.'

Zo belangrijk is het licht dat de bijbel ermee begint. Al zo lang als we weten, wordt het licht vereerd en gevierd. De zonnegod Ra was een van de belangrijkste goden van de oude Egyptenaren. Bij de Grieken was dat Helios. In die tijd geloofden de mensen dat beide goden zorgden voor de zonsopgang en zonsondergang; Helios ging langs de hemel met een stralende zonnewagen, Ra met een zeilschip. Ondertussen weten we dat de zon geen God is, maar 'gewoon' een grote bol gas. Toch viert men nog steeds over de hele wereld lichtfeesten. Er zijn veel oude verhalen waarin licht een belangrijke rol speelt.

SINT-LUCIA: de winterwende

In de landen op het Noordelijk halfrond is het in de winter heel donker. De mensen zijn daarom blij met de Decemberwende. Dat is de kortste dag van het jaar.
De winterwende valt meestal op 21 december. Vanaf dat moment is het overdag weer langer licht. Al duizenden jaren vieren mensen deze dag: de dag van de terugkeer van het licht. Met vuren, kaarsen en lampen. Of, zoals bij de Yule-feesten van de Germanen, met een brandend wiel. Dat staat symbool voor de terugkerende zon.

Ook nu nog worden er eind december lichtfeesten gevierd.
In Zweden vieren ze bijvoorbeeld het Luciafeest. Op die dag staat de jongste dochter van elk gezin vroeg op. Ze trekt een witte jurk aan en zet kaarsjes op haar hoofd. Zo brengt ze de rest van de familie het ontbijt. Er worden op die dag saffraanbroodjes gebakken en speciale liedjes gezongen. En er zijn Lucia-optochten. Elk dorp heeft zijn eigen 'Lucia-verkiezing'.

De naam Lucia komt van het Latijnse 'lux'. Dat betekent licht. De heilige Lucia beschermde de blinden en slechtzienden. Er worden spannende verhalen over haar verteld. Dat ze haar ogen uitstak en nog steeds kon zien, bijvoorbeeld.

DOORDENKERTJE

Het Kerstfeest valt ook rond de tijd van de winterwende. Wat denk je, is dat toeval? In Scandinavische talen heet het kerstfeest Jul. Dat is een verwijzing naar de vroegere Yule-feesten. Vergelijk de winterwende, de zonnegoden bij de Egyptenaren en de Grieken en het christelijke kerstfeest eens met elkaar. Welke overeenkomsten kun je ontdekken? En de kerstboom? Stond die al bij Jezus in de stal?

DIVALI: duizend lichtjes opdat het goede overwint

Het lichtfeest Divali is één van de belangrijkste Hindoeïstische feesten. Het komt oorspronkelijk uit India. Maar het wordt in veel meer landen gevierd.
Het feest is gewijd aan Lakshmi, de godin van het licht. Het licht staat symbool voor het goede dat het kwade overwint.

Het is een vrolijk familiefeest waar iedereen aan meedoet: met veel zoetigheid, mooie kleren en vuurwerk. Voor het feest wordt het huis schoongeboend. Om ook van binnen 'schoon' te worden eet men een week lang geen vlees, vis of zuivel.

Het feest vindt plaats in de herfst tijdens nieuwe maan.
Op die nacht staat de maan precies tussen de aarde en de zon in. Hij is dus onzichtbaar. Op die superdonkere avond zet elke familie in elke kamer van hun huis een diya neer. Dat is een olielampje waarin geklaarde boter, ghee, brandt.
Met al die lampjes overwint het licht de duisternis.
En wint goed van kwaad.

CHANOEKA: Het wonder van de olie

Tijdens Chanoeka herdenken de Joden dat zij in 164 voor Christus de Tempel van Jeruzalem opnieuw konden inwijden. In die tijd werden de Joden zwaar onderdrukt. Jehuda de Macabeeër wist de tempel te heroveren. Maar toen de priesters de grote kandelaar, de Menora, opnieuw wilden aansteken, bleek dat alle olie op was.
Het verhaal is dat ze nog een piepklein kruikje olie vonden. Daarmee staken ze de kandelaar aan. Het zou nog vele dagen duren voor ze nieuwe olie konden krijgen. Ze dachten dat het kruikje maar genoeg olie had voor één dag. Gek genoeg bleek er genoeg olie te zijn om de kandelaar acht dagen te laten branden. Om dit te vieren, steken de Joden in de winter, tijdens het Chanoekafeest, acht dagen lang elke dag een nieuwe kaars aan. Verder geeft men elkaar cadeautjes en speelt spelletjes. Er worden latkes gegeten, in olie gebakken pannenkoekjes. Als herinnering aan het wonder van de olie.

RAMADAN: eten als de zon onder is

Tijdens de Ramadan vasten de moslims: dat betekent dat ze overdag niets eten en drinken. Een maand lang. Ook bij de Ramadan is het licht belangrijk. De nieuwe maan geeft het begin aan. Als het eerste dunne sikkeltje van de maan te zien is, begint de vastenmaand.

's Nachts mag er wel gegeten en gedronken worden. In de koran, het heilige boek van de moslims, staat: 'Eet en drinkt, totdat bij de dageraad de witte draad zich onderscheidt van de zwarte draad.'
Als het donker is, zie je geen verschil tussen een witte en zwarte draad. Pas als de zon opkomt en er genoeg licht is, ga je het verschil zien. En dan begint het vasten weer.

DOEN IN DE KLAS

GOED?? KWAAD??

Het licht dat de duisternis overwint staat vaak voor het goede dat het kwade overwint. Maar wat is dat eigenlijk: goed?
En wat is kwaad?
Kan iets goed en kwaad zijn tegelijk? Vindt je klasgenoot hetzelfde goed als jij? Verschilt het idee van goed en kwaad ook per land of per cultuur? Moeten mensen hetzelfde goed en slecht vinden of mogen er verschillen zijn? Moeten goed en slecht vastgelegd worden in wetten?

LAAT JE LEERLINGEN IN DEBAT GAAN MET ELKAAR. ZE HOEVEN HET NIET EENS TE WORDEN. HET IS INTERESSANT EN LEERZAAM OM TE ZIEN HOE DE MENINGEN VERSCHILLEN.

De zonnegroet

Een van de belangrijkste oefeningen in yoga is de zonnegroet. Voor de yogi's in India is de zonnegroet een religieuze oefening, een gebed aan de zonnegod Surya. Maar als je deze serie bewegingen een kwartiertje achter elkaar uitvoert, heb je een flinke workout. Echt gemakkelijk is hij namelijk niet. Probeer het maar eens!

DOORDENKERTJE

Woorden over licht

ER SCHIJNT LICHT IN DE DUISTERNIS

Het licht zien

ER GAAT MIJ EEN LICHT OP

HIJ IS GEEN GROOT LICHT

Zo snel als het licht

Zij gunt hem het licht in de ogen niet

Je licht over iets laten schijnen

IK WANDEL IN HET LICHT

WAT BETEKENEN BOVENSTAANDE UITSPRAKEN?
WAT BETEKENT HET WOORD LICHT HIER?
KEN JE NOG MEER SPREEKWOORDEN OVER LICHT?
KUN JE ZELF EEN NIEUW SPREEKWOORD MET LICHT VERZINNEN?

Filosofie: De Verlichting

Bij verlichting denk je aan de lampen die een ruimte verlichten. Maar als je iemand **De Verlichting** hoort zeggen, dan gaat het over iets anders: over een belangrijke periode in de geschiedenis. Diegene doelt dan niet op verlichte kamers, maar op 'verlichte' mensen. Mensen in de achtiende eeuw voor wie kennis, verstand en wetenschap belangrijker werden dan angst en (bij)geloof. Door alle natuurkundige en medische ontdekkingen in die tijd gingen de mensen steeds meer vertrouwen op hun eigen kunnen. En minder op God. Filosofen zoals Spinoza zeiden dat niet God, maar de mens zelf verantwoordelijk was voor zijn geluk.

De Verlichting kwam als filosofie vanuit Frankrijk. De grote denkers daar kwamen in opstand tegen de kerk en de koning. Ze wilden niet langer dat die alles bepaalden. Ook in Nederland werden de mensen mondiger en kritischer: ze vochten tegen ongelijkheid en vriendjespolitiek. Vooral van de stadhouders, die op dat moment overal de dienst uitmaakten.

De mensen wilden vrijheid, gelijkheid en broederschap. Nu staat in de wet dat we mensen niet mogen beoordelen op afkomst, geslacht of kleur. Maar toen waren gelijke rechten helemaal niet normaal. Sommige filosofen werden zelfs in de gevangenis gestopt omdat ze vonden dat mensen vrij en gelijk moesten zijn! Daarom kwamen er in verschillende landen opstanden, revoluties. Die zorgden vrijwel overal voor grote veranderingen. De Kerk, koning en andere adellijke lieden kregen minder macht.

Het hielp dat het in die tijd gemakkelijker werd om kennis bij de mensen te krijgen. Via encyclopedieën, tijdschriften en literatuur bereikten de nieuwe denkbeelden mannen, vrouwen en kinderen in alle lagen van de bevolking.

De filosofen zaten niet alleen achter hun bureau te schrijven: door te praten met mensen in koffiehuizen en salons werden hun ideeën wijd verspreid. Het was het begin van de moderne tijd; de tijd van het goed nadenken, de tijd van de rede.

Voorlezen dag in een salon in Parijs

ROUEN, FRANCE - FEBRUARY 10, 2013: Painting depicting the reading of the tragedy 'l'Orphelin de la Chine by Voltaire in the salon of Madame Geoffrin in Paris in 1775.

DOEN IN DE KLAS

HET DWAALLICHT EN ANDERE SPOOKVERHALEN

Licht staat meestal symbool voor het goede. Maar niet altijd. Het speelt ook een belangrijke rol in spookverhalen. Daar gaat het vaak over dwaallichten. Men dacht dat dat de zielen van doodgeboren kinderen waren. Of lichtjes van de duivel. Ze lokten mensen van de weg af, waardoor ze verdwaalden of verdronken in het moeras.

Andere verhalen gaan over lichtjes bij grafheuvels. Grafheuvels werden gemaakt in de prehistorie; men begroef de doden in zo'n heuvel. Men geloofde later dat er elven woonden. Soms zagen mensen vreemde lichten bij een grafheuvel. Wie zo dom was nieuwsgierig te gaan kijken, kwam in de problemen. Hij kwam terecht op een dansfeest van de elven. Na een hele nacht dansen vond zo iemand zichzelf terug in het natte gras en was de wereld veranderd. Er bleken tientallen jaren voorbijgegaan. Het verhaal ging dat je op zo'n elfenfeest nooit iets moest eten of drinken, dan zat je voor altijd gevangen.

Dit is natuurlijk een mooie gelegenheid om een aantal spannende verhalen voor te lezen! ZOEK EENS NAAR KELTISCHE SPROOKJES OF DE OERHOLLANDSE WITTE WIEVEN. LAAT JE LEERLINGEN VERVOLGENS EEN SPROOKJE OF FANTASIEVERHAAL SCHRIJVEN WAARIN LICHT EEN (MAGISCHE) HOOFDROL SPEELT.

ENERGIE

Om het licht aan te doen, heb je elektriciteit nodig. Elektriciteit kost energie. Energie komt vooral van brandstoffen als olie en gas. De voorraden van die brandstoffen raken ooit op. Daarom zijn we op zoek naar duurzamere oplossingen. Eén van de oplossingen is om de energie uit (zon)licht te gebruiken. Daar hebben we namelijk meer dan genoeg van. Bovendien is zonne-energie schoner, omdat het geen vervuilende stoffen in de lucht achterlaat.

ZONNECELLEN & BIOBRANDSTOF

Annemarie Huijser vindt het energieprobleem een van de belangrijkste problemen die er zijn. Daarom probeert ze slimme en betere zonnecellen te ontwikkelen. Annemarie: 'Eén uur zonlicht op de hele aardbol levert genoeg energie om alles wat we op aarde doen een jaar lang mogelijk te maken. We kunnen helaas nooit 100 procent van die zonne-energie opvangen en gebruiken. Maar stel dat we de Saharawoestijn vol zouden zetten met zonnecellen. En die zonnecellen kunnen ieder een kwart van het zonlicht dat ze opvangen, omzetten naar energie. Dan is de oplossing van het energieprobleem al een heel stuk dichterbij.'

Dr. Annemarie Huijser, onderzoeker Optische Wetenschappen aan de Universiteit Twente.

GOEDKOPERE ZONNECELLEN

'Ik doe onderzoek naar goedkopere zonnecellen. De zonnecellen die nu gebruikt worden, zijn gemaakt van **silicium**. Dat is een stof die wordt gehaald uit stenen in de aardkorst. Het kost veel energie om silicium te maken. Ook al werken silicium-zonnecellen goed, ze zijn duur en daardoor niet voor iedereen beschikbaar. Een ander mineraal, **perovskiet**, zit ook in gesteente. Een kunstmatige soort perovskiet is heel geschikt om zonnecellen van te maken. Met zonnecellen van perovskiet kunnen we al 22 procent van het zonlicht in energie omzetten. Dat is heel veel.

Perovskiet

Alleen weten we nog niet hoe dat perovskietmateriaal precies werkt. Dat onderzoek ik. Wat gebeurt er als je er zonlicht op laat vallen? Welke processen vinden er in het materiaal plaats? Op het perovskiet maken we **elektrodes** vast. Als het perovskiet licht opneemt, geeft het daarna elektrische lading af. Die lading vangen we op met de elektrodes. Door het perovskiet te belichten met zonlicht kun je dus stroom opwekken. Ik kijk hoe snel en efficiënt dat gebeurt en probeer dat proces dan te verbeteren.'

BIOBRANDSTOF

'Ik werk ook aan zonnecellen die het zonlicht niet omzetten naar elektriciteit, maar naar brandstoffen, zoals de gassen **waterstof** of **methanol**. Door die gassen te verbranden, wek je energie op. Net als wanneer je benzine in de motor van een auto laat verbranden. We plaatsen geen elektroden op die zonnecellen, maar een materiaal dat een chemische reactie aangaat onder invloed van zonlicht: het zet het zonlicht rechtstreeks om in een andere stof, bijvoorbeeld waterstof. We noemen zo'n direct verkregen brandstof een **biobrandstof**. Biobrandstof is handig, omdat je het kunt opslaan en gebruiken wanneer je wilt. Je kunt biobrandstoffen op dezelfde manieren gebruiken als olie en aardgas. Bijvoorbeeld om auto's en vrachtwagens op te laten rijden.'

De ontwikkelingen rondom zonnecellen gaan razendsnel. Ze worden steeds beter. En er worden steeds meer manieren gevonden om energie op te slaan. Bijvoorbeeld door voorraden biobrandstof te maken, zoals bij de zonnecellen van Annemarie. Of door de energie op te slaan in batterijen. Is een oplossing van het energieprobleem nabij?

DOEN IN DE KLAS

Wat is de prijs van licht?

Licht kost energie. De voorloper van XperimenTA Magazine, Zaboekie Magazine, ging over energie. Je kunt daarin van alles lezen over fossiele brandstoffen, zoals olie en gas. En over kernenergie, zonne-energie en windenergie. Ook wordt er uitgelegd waarom er in Groningen veel discussie is over het boren naar gas. Dat zorgt namelijk voor aardbevingen. Daardoor is er aan veel huizen daar schade ontstaan.

LAAT JE LEERLINGEN EEN OVERZICHT MAKEN VAN DE VOOR- EN NADELEN VAN ALLE VERSCHILLENDE VORMEN VAN ENERGIE. WELKE VRAGEN MOETEN ZE STELLEN OM HET OVERZICHT ZO COMPLEET MOGELIJK TE MAKEN? DENK BIJVOORBEELD AAN HOE SCHOON BEPAALDE VORMEN VAN ENERGIE ZIJN EN AAN WAT DE KOSTEN ZIJN.

DOORDENKERTJE

Zonnepanelen plaatsen kost veel geld. Het duurt een paar jaar voordat je geld gaat besparen met zonnepanelen. Je moet het geld dat je ervoor hebt uitgegeven, eerst terugverdienen. Stel dat de familie Bakker voor 8.500 euro zonnepanelen heeft gekocht. Hun zonnepanelen leveren 3400 kilowattuur (kWh) stroom per jaar. Voordat ze zonnecellen hadden, moesten ze die zelfde hoeveelheid stroom afnemen uit het gewone electriciteitsnet en dat kostte natuurlijk geld.

Stel dat de Bakkertjes voor de stroom uit het electriciteitsnet 0,25 per kwh betaalden, hoeveel betaalden ze dan voor die 3400 kwh aan stroom per jaar? Met de zonnepanelen hebben ze nu gratis stroom. Hun installatie kostte 8.500 euro. In hoeveel jaar hebben ze hun investering terugverdiend?

‘In Nederland kiezen veel minder vrouwen voor techniek dan in Spanje.’

STEEDS WEER IETS NIEUWS BOUWEN

Toen de Spaanse Sonia Garcia Blanco een klein meisje was, wilde ze piloot worden. Of astronaut. ‘Dat kan niet,’ zei haar vader. ‘Je moet hele goede ogen hebben om piloot te worden. En jij draagt een bril.’ Maar ook als je niet in een vliegtuig of raket kunt vliegen, kun je iets met techniek doen. Zelf iets bouwen is namelijk nog leuker dan het alleen gebruiken. Dus toen Sonia van de middelbare school afkwam, wist ze zeker wat ze wilde: computerchips maken. Een chip is een heel klein plaatje dat een netwerk van elektronische schakelingen bevat, waar stroom doorheen gaat. Computerchips zitten tegenwoordig in van alles: in laptops, mobiele telefoons, op pinpassen. Sonia wilde leren hoe ze die microscopisch kleine apparaatjes kon ontwerpen en bouwen. Dus ging ze studeren voor ingenieur in de micro-elektronica.

‘Ik wilde echt iets MAKEN. Ik vond het fascinerend dat je grote apparaten zo klein kunt maken dat ze op een chip passen. Met zo’n chip kun je overal metingen doen. Hoe kleiner iets is, hoe draagbaarder, sneller en goedkoper het is.’

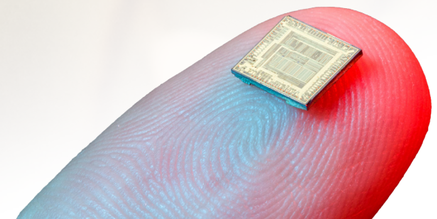
CHIPS MET LICHT

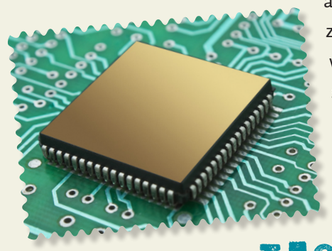
Na haar studie reisde Sonia de wereld rond. In Schotland bestudeerde ze golfgeleiders. Dat zijn piepkleine buisjes waar je lichtgolven doorheen kunt sturen. Je kunt er minuscule netwerken mee bouwen. Zelfs op de oppervlakte van een chip van maar een paar millimeter. Zo’n chip past dus op het puntje van je pink! Met golfgeleiders kun je een optische chip maken: een chip die niet met elektriciteit werkt, maar met licht. Die is nog veel sneller, kleiner en goedkoper dan een elektronische chip. Sonia woont nu vijf jaar in Nederland. Ze werkt hier onder andere aan een optische chip om drinkwater schoner en veiliger te maken.
In ons leidingwatersysteem zitten meters die meten of het water veilig is. Als het water niet schoon is, gaat er een alarm af.

Je weet dan dat er een vieze stof in zit. Maar nog niet WELKE vieze stof.

Sonia wil een chip maken die niet alleen alarm slaat als er iets mis is. De chip moet ook meteen aangeven welke stof er gevonden is. Dan kan het waterleidingbedrijf snel ingrijpen.

Daarom zitten er in de chip verschillende buisjes. Door de buisjes gaat laserlicht. Het licht wordt door het water naar alle kanten afgebogen: we noemen dat verstrooien. Elk buisje is gevoelig voor een andere soort vervuilende stof. Elk van de stoffen verstrooit het licht van elk buisje op een andere manier. Dat geeft een uniek patroon, een soort vingerafdruk van het molecuul.
Met slimme technieken kun je dat patroon aflezen. Daardoor ziet de chip meteen welke giftige stoffen er wel of niet in het water zitten.





TASTBAAR

‘Mijn werk is heel praktisch: Je hebt een idee. Je maakt een ontwerp. Dan ga je bouwen en uitproberen. Als het werkt, ben je superblij. Je hebt wel een microscoop nodig om te zien wat je bouwt. Toch bouw je wel iets dat echt is. Tastbaar. Machines, technologie. Je maakt steeds iets wat nog niet bestaat. Het verbetert de kwaliteit van water en dat is fantastisch. Maar het uitvinden zelf is ook al heel leuk.’

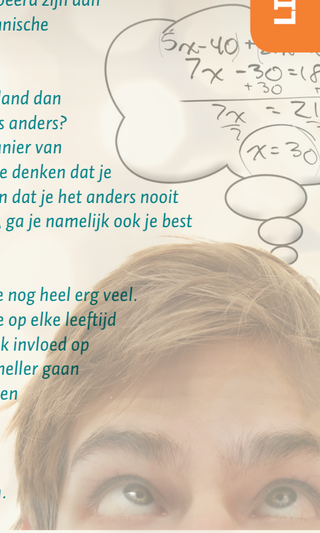
‘In Nederland kiezen veel minder vrouwen voor techniek dan in Spanje. Daar maak ik me vaak zorgen over. Als je op school de technische vakken laat vallen, dan zijn er zoveel interessante onderwerpen die je nooit meer zult kunnen ontdekken. Dat je een meisje bent, betekent niet dat je techniek niet leuk kunt vinden. Geef jezelf in elk geval de ruimte om te onderzoeken wat je van techniek vindt.’

Talent voor techniek?

Vooral in Nederland blijken veel kinderen te denken dat bovenstaande uitspraken waar zijn. In andere landen is men het daar veel minder mee eens. In Nederland beginnen opvallend veel minder meisjes aan een technische studie dan in andere landen. Gemiddeld is slechts twintig procent van de studenten bèta-wetenschappen vrouw! Zelfs in landen die veel minder geëmancipeerd zijn dan Nederland, werken meer vrouwen in technische beroepen.

Is dat niet vreemd? Zijn meisjes in Nederland dan minder technisch of wiskundig dan ergens anders? Nee natuurlijk niet! Het komt door de manier van denken in Nederland. Het is niet handig te denken dat je geboren moet worden als rekenwonder en dat je het anders nooit kunt leren. Als je het toch niet kunt leren, ga je namelijk ook je best niet doen het te leren.

Je hersenen veranderen vanaf je geboorte nog heel erg veel. Ze zijn plastisch, en dat betekent dat je ze op elke leeftijd nog flink kunt trainen. Je hebt wel degelijk invloed op dat wat je kunt leren. Al zal de een wat sneller gaan of wat verder komen dan de ander: oefenen helpt altijd. Hoor je iemand zeggen: ‘Ik kan dat niet’, zeg dan: ‘Je kunt dat NOG niet.’ Je kunt dit nu niet, maar als je het nog een keer probeert, zal het beter gaan. Zo werkt je brein.



DOEN IN DE KLAS

NODIG EENS EEN PAAR VROUWEN UIT VERSCHILLENDE TECHNISCHE BEROEPEN UIT IN DE KLAS EN LAAT ZE, NET ALS SONIA HIERNAAST, VERTELLEN OVER HUN BEROEP. EN VRAAG ZE WAT JE MOET DOEN OM ZO’N BEROEP TE LEREN. WAREN ZE VROEGER HEEL GOED IN WISKUNDE? OF HEBBEN ZE HARD MOETEN OEFENEN?

In dit magazine staat lang niet alles dat er over licht te vertellen is. Er is nog zoveel meer te ontdekken over licht in de wetenschap, de kunst of de geschiedenis. Of over licht in de natuur en op aarde. We hopen dat je door dit magazine de smaak te pakken hebt gekregen en dat je nu zelf aan de slag gaat met licht. Hieronder staan enkele voorbeelden van boeken en websites die je als inspiratie of als lesstofvervanging kunt gebruiken. Maar er is natuurlijk nog veel meer te vinden! In de bibliotheek, boekhandel en op internet.

ALGEMEEN

Een heel kleine geschiedenis van bijna alles *Auteur: Bill Bryson*
Lannoo's jeugdencyclopedie van A tot Z: *alles wat je wilde weten over natuur, wetenschap, geschiedenis en de wereld om ons heen*

www.wonderwel.nu
www.hetklokhuis.nl
www.willemwever.nl
www.e-nemo.nl
www.sciencespace.nl
www.knowhownu.nl
www.museumkids.nl
www.museumjeugduniversiteit.nl

PROEFJES

365 x wetenschap
Auteur: Willy Vandersteen

www.encyclopedoe.nl
www.proefjes.nl
www.gekkeprofessor.blogspot.nl

OVER LICHT

Basisboek Science - Licht en geluid
Auteur: Louise Spilsbury
Vertel eens - Waarom zien wij een regenboog? *Auteur: Melissa Stewart*
Vertel eens - Waarom is de hemel blauw? *Auteur: Melissa Stewart*

Websites over het Internationale Jaar van het Licht:
www.iyl2015.nl
www.light2015.org

HEELAL

Ongelooflijk raar/waar | *onvoorstelbare ruimteweetjes*
Auteur: Govert Schilling

www.allesoversterrenkunde.nl
www.ruimtevaartindeklas.nl/projecten/jaar-van-het-licht
www.astronomie.nl
www.esa.int/esaKIDSnl

NATUUR

Het raadsel van alles wat leeft
Auteur: Jan Paul Schutten

www.natuurinformatie.nl
www. n-kids.naturalis.nl/natuurenik/watisditlessen.museon.nl/biologie
www.wildewijdewereld.nl
www.sciencespace.nl/leven-en-natuur/artikelen

GESCHIEDENIS

Uitvinders van de lage landen
Auteur: Peter Smit

www.barbaareducatie.nl/millo
www.npogeschiedenis.nl
www.rijksmuseum.nl/nl/met-kinderen-klas-of-groep/primair-onderwijs/jij-en-de-gouden-eeuw
www.entoen.nu (De Canon van Nederland)

OP AARDE

Boek: De aarde vanuit de hemel aan kinderen verteld
Auteur: Yann Artus-Bertrand

www.google.com/culturalinstitute/project/world-wonders
www.bibliotheek.nl/werkstuk/basisschool-groep-7-8/de-aarde.html

KUNST

Kunst voor kinderen
Redactie: Bridget Giles
Rembrandt voor kids - een boek boordevol oefeningetjes en technieken voor heel jonge kunstenaars
Auteur: Frank van Ark

www.rijksmuseum.nl/nl/ontdek-de-collectie

FILOSOFIE

Ik zag twee beren filosoferen | *filosoferen met kinderen en jongeren; voor opvoeders en begeleiders van kinderen van 8 tot 18 jaar*
Auteurs: Maaike Merckens Bekkers & Sabine Wassenberg

Boekenplank

Voor de leerkracht

TERUG NAAR DE VERWONDERING

XperimenTA Magazine is in de eerste plaats bedoeld als vernieuwend lesmateriaal voor de bovenbouw van het basisonderwijs en de onderbouw van het voortgezet onderwijs. De verhalen, de opdrachten In de klas, de proefjes XperimenTeer of de Doordenkertjes; elk is bedoeld als aanzet voor een les over licht. Losse onderdelen kun je aan laten sluiten bij de lesmethodes die je al gebruikt in je klas. Denk aan proefjes met licht of de werking van het oog bij biologie, de verschillende klimaten bij aardrijkskunde of de spreekwoorden en verhaalopdrachten bij taal. Maar het belangrijkste is dat we jou als leerkracht willen leren hoe je verwondering opwekt bij je leerlingen. Door kinderen zelf met allerlei vragen te laten komen en door meer open opdrachten te koppelen aan de lesstof.

De meeste lesstof in ons huidige onderwijs is gericht op het onthouden, begrijpen en toepassen van de geleerde informatie (het 'lagere-orde -denken'). Hogere-orde denken (analyseren, evalueren en creatief nadenken) wordt nauwelijks gestimuleerd. Of wordt alleen aangeboden aan de slimste leerlingen. Maar álle leerlingen kunnen uitgedaagd worden om analytisch, evaluerend en creatief te denken, mits je hen de juiste vragen stelt. De vragen en opdrachten in dit Magazine dagen je leerlingen en jouzelf(!) uit om op een andere manier naar de lesstof te kijken. Door deze opdrachten uit te voeren, en de oplossingen, gedachten en creatieve producten te publiceren of te presenteren, krijgen je leerlingen een schat aan nieuwe ervaringen en vaardigheden. En dat gaat veel verder dan alleen passieve kennis over het onderwerp 'licht'. Op deze pagina vind je enkele tips om het hogere-orde denken in de klas te stimuleren en een lijst boeken en links ter inspiratie.

Blaas ook je eigen verwondering nieuw leven in!

Allerlei achtergrondinformatie voor leerkrachten vind je ook op: www.taychallenge.nl

TIPS VOOR HET STELLEN VAN HOGERE-ORDE-VRAGEN:

ANALYSEREN… is informatie in stukken delen om verbanden en relaties te onderzoeken.

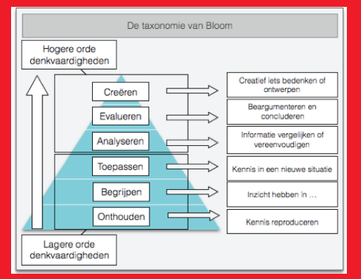
Voorbeeldvragen:
· Als … waar is, wat betekent dat dan voor …?
· Op welke manier is … hetzelfde als …?
· Vergelijk … met … : wat zijn overeenkomsten en verschillen?

EVALUEREN… is het motiveren of rechtvaardigen van een besluit of gebeurtenis.

Voorbeeldvragen:
· Is er een betere oplossing voor …?
· Hoe effectief zijn …?
· Wat zijn de consequenties van …?
· Wat zijn de voors en tegens van …?

CREËREN…is nieuwe ideeën, producten of gedachten genereren.

Voorbeeldvragen:
· Kun je een … ontwerpen, waarmee …?
· Ontwerp je eigen manier om …?
· Wat zou er gebeuren als …?
· Kun je nieuwe manieren bedenken om te …?



KERNDOELEN

XPERIMENTA SLUIT IN HET ALGEMEEN AAN BIJ DE KERNDOELEN NEDERLANDS, REKENEN/WISKUNDE EN MENS EN SAMENLEVING VAN HET PO EN DE ONDERBOUW VO, EN MEER SPECIFIEK BIJ DE VOLGENDE KERNDOELEN:

IN HET BASISONDERWIJS:
Natuur en techniek
41 De leerlingen leren over de bouw van planten, dieren en mensen en over de vorm en functie van hun onderdelen.
42 De leerlingen leren onderzoek doen aan materialen en natuurkundige verschijnselen, zoals licht, geluid, elektriciteit, kracht, magnetisme en temperatuur.
43 De leerlingen leren hoe je weer en klimaat kunt beschrijven met behulp van temperatuur, neerslag en wind.
44 De leerlingen leren bij producten uit hun eigen omgeving relaties te leggen tussen de werking, de vorm en het materiaalgebruik.
45 De leerlingen leren oplossingen voor technische problemen te ontwerpen, deze uit te voeren en te evalueren.
46 De leerlingen leren dat de positie van de aarde ten opzichte van de zon, seizoenen en dag en nacht veroorzaakt.

Ruimte
49 De leerlingen leren over de mondiale ruimtelijke spreiding van bevolkingsconcentraties en godsdiensten, van klimaten, energiebronnen en van natuurlandschappen zoals vulkanen, woestijnen, tropische regenwouden, hooggebergten en rivieren.

Tijd
51 De leerlingen leren gebruik te maken van eenvoudige historische bronnen en ze leren aanduidingen van tijd en tijdsindeling te hanteren.
52 De leerlingen leren over kenmerkende aspecten van de volgende tijdvakken: jagers en boeren; Grieken en Romeinen; monniken en ridders; steden en staten; ontdekkers en hervormers; regenten en vorsten; pruiken en revoluties; burgers en stoommachines; wereldoorlogen en holocaust; televisie en computer.
53 De leerlingen leren over belangrijke historische personen en gebeurtenissen uit de Nederlandse geschiedenis en kunnen die voorbeeldmatig verbinden met de wereldgeschiedenis.

Kunstzinnige oriëntatie
54 De leerlingen leren beelden, taal, muziek, spel en beweging te gebruiken, om er gevoelens en ervaringen mee uit te drukken en om er mee te communiceren.
55 De leerlingen leren op eigen werk en dat van anderen te reflecteren.

IN HET VOORGEZET ONDERWIJS:
Mens en natuur
29 De leerling leert kennis te verwerven over en inzicht te verkrijgen in sleutelbegrippen uit het gebied van de levende en niet-levende natuur, en leert deze sleutelbegrippen te verbinden met situaties in het dagelijks leven.
30 De leerling leert dat mensen, dieren en planten in wisselwerking staan met elkaar en hun omgeving (milieu), en dat technologische en natuurwetenschappelijke toepassingen de duurzame kwaliteit daarvan zowel positief als negatief kunnen beïnvloeden.
32 De leerling leert te werken met theorieën en modellen door onderzoek te doen naar natuurkundige en scheikundige verschijnselen als elektriciteit, geluid, licht, beweging, energie en materie.
33 De leerling leert door onderzoek kennis te verwerven over voor hem relevante technische producten en systemen, leert deze kennis naar waarde te schatten en op planmatige wijze een technisch product te ontwerpen en te maken.
34 De leerling leert hoofdzaken te begrijpen van bouw en functie van het menselijk lichaam, verbanden te leggen met het bevorderen van lichamelijke en psychische gezondheid, en daarin een eigen verantwoordelijkheid te nemen.

Mens en maatschappij
40 De leerling leert historische bronnen te gebruiken om zich een beeld van een tijdvak te vormen of antwoorden te vinden op vragen, en hij leert daarbij ook de eigen cultuurhistorische omgeving te betrekken.
41 De leerling leert de atlas als informatiebron te gebruiken en kaarten te lezen en te analyseren om zich te oriënteren, zich een beeld van een gebied te vormen of antwoorden op vragen te vinden.
46 De leerling leert over de verdeling van welvaart en armoede over de wereld, hij leert de betekenis daarvan te zien voor de bevolking en het milieu, en relaties te leggen met het (eigen) leven in Nederland.

Kunst en cultuur
48 De leerling leert door het gebruik van elementaire vaardigheden de zeggingskracht van verschillende kunstzinnige disciplines te onderzoeken en toe te passen om eigen gevoelens uit te drukken, ervaringen vast te leggen, verbeelding vorm te geven en communicatie te bewerkstelligen.
49 De leerling leert eigen kunstzinnig werk, alleen of als deelnemer in een groep, aan derden te presenteren.
52 De leerling leert mondeling of schriftelijk te reflecteren op eigen werk en werk van anderen, waaronder dat van kunstenaars.