

Naam:

Natuurkunde klas 2

Hoofdstuk 4 Licht

§1	Lichtbronnen	3
§2	Lichtbundels	10
§3	Schaduwvorming	14
§4	Terugkaatsing	21
§5	Gezichtsveld	28
§6	Breking	34

Hoofdstuk 5 Beweging

§1	Eenparige beweging	46
§2	Niet-eenparige bewegingen	48
§3	Valbeweging	56
§4	Diagrammen	58

Hoofdstuk 6 Ons zonnestelsel

§1	Inleiding	68
§2	Geschiedenis	72
§3	Beweging van de aarde	76
§4	Planeten	86
§5	De maan	90

Afspraken

Boekje

Dit boekje is voor het tweede semester. Je hebt dit boekje aan het begin van iedere les op tafel.

Het huiswerk maak je in het boekje. Er is ook ruimte om aanvullende aantekeningen te maken. Je zorgt ervoor dat het boekje netjes blijft.

Leesopdrachten

Voor de leesopdrachten heb je het internet nodig.

In het boekje staan twee soorten leesopdrachten:



1. verplichte leesopdrachten

Je moet de tekst bestuderen. Dingen die niet (helemaal) duidelijk zijn, moet je in de les vragen.

Wat in de verplichte leesopdrachten wordt behandeld, moet je weten voor overhoringen en proefwerken.



2. extra leesopdrachten

Je mag de tekst bestuderen. De teksten zijn soms lastig. Dingen die niet (helemaal) duidelijk zijn, mag je vragen.

Wat in de extra leesopdrachten wordt behandeld, hoeft je niet te weten voor overhoringen en proefwerken.



Berekeningen

Bij de berekeningen in dit boekje mag je (meestal) geen rekenmachine gebruiken. Hoofdrekenen en het antwoord schatten zijn dus belangrijk.

Bij overhoringen en proefwerken mag je geen rekenmachine gebruiken.



Practicum

Bij een practicum doe je zelf proefjes om de natuurkunde te 'ontdekken' of beter te begrijpen.

Vragen stellen

Natuurkunde is geen vak waarbij je alles uit je hoofd kunt leren. Het is belangrijk dat je het snapt. Dat lukt alleen als:

- ☐ je tijdens de lessen goed meedoet
- ☐ je het huiswerk maakt
- ☐ je vraagt wat je nog niet (helemaal) begrijpt.

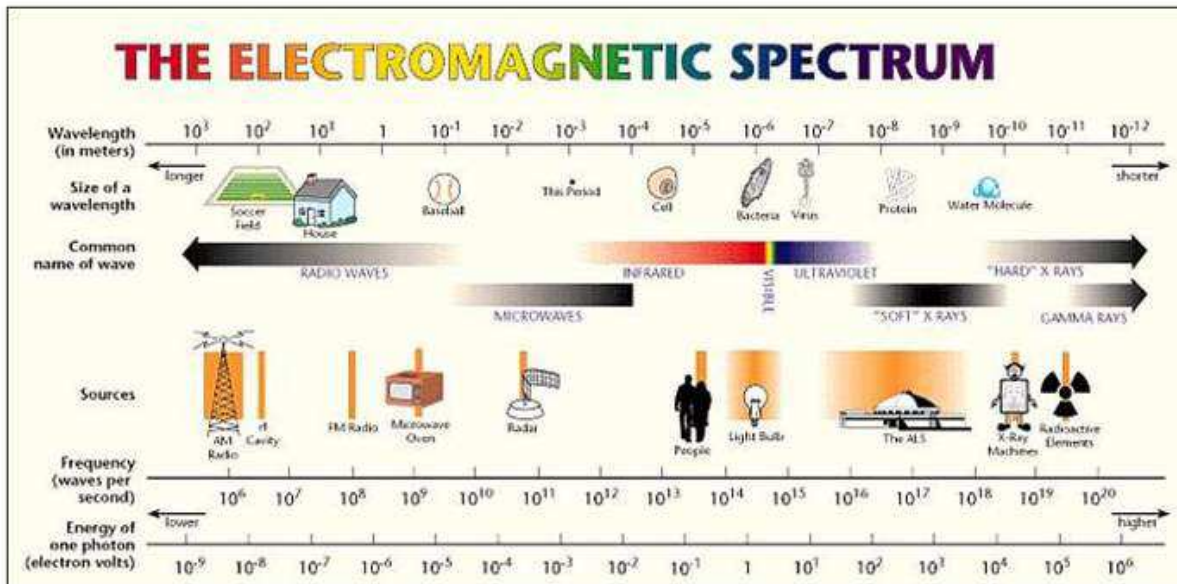
§1 Lichtbronnen

Het spectrum van zichtbaar en onzichtbaar licht

Alle kleuren van de regenboog vormen het 'zichtbare' licht:



Het zichtbare licht is slechts een klein onderdeel van het hele spectrum.
Er bestaat ook 'onzichtbaar' licht:



Zien

Je ziet een voorwerp als (zichtbaar) licht, afkomstig van dat voorwerp, in je oog terecht komt.



In een directe lichtbron ontstaat licht.

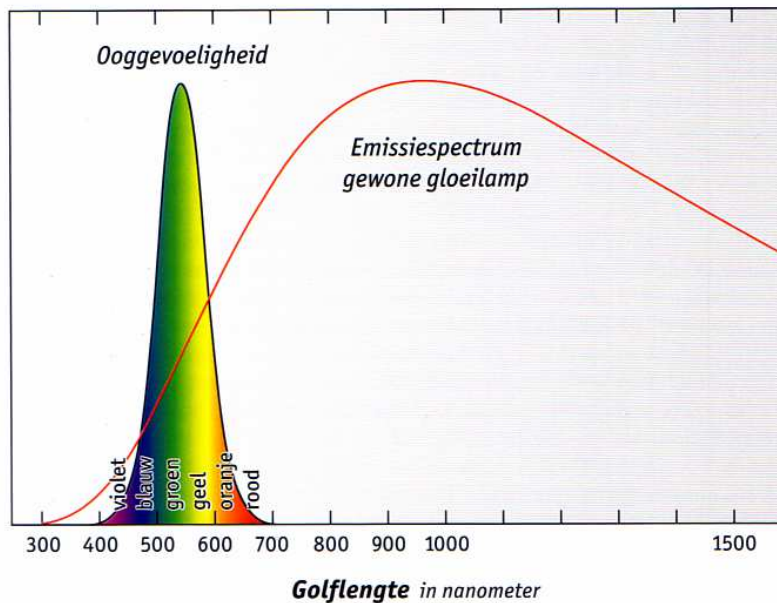
Voorbeelden:

- In den beginne schiep God den hemel en de aarde. De aarde nu was woest en ledig, en duisternis was op den afgrond; en de Geest Gods zweefde op de wateren. En God zeide: Daar zij licht! en daar werd licht.



Als de temperatuur van een voorwerp, bijvoorbeeld een ster of een gloeidraad, hoog is, zendt het voorwerp licht uit (thermische lichtbron).

- Zon (sterren)
De zon is 5 miljard jaar geleden ontstaan.
Informatie over de zon: <http://www.sterrenkids.nl/page.php?4>
- Bliksem en vuur
De mens maakte 400.000 jaar geleden op een gecontroleerde wijze gebruik van vuur.
Voor chemische uitleg: <http://www.pbs.org/wgbh/nova/fire/onfire.html>
- Gloeilamp
In de tweede helft van de 19^e eeuw ontwikkelden Edison en anderen de gloeilamp. Zie: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Gloeilamp>



Bron: Jo Hermans
Hoor je beter in het donker?

Bij een gloeilamp wordt elektrische energie eerst omgezet in warmte. Het hete voorwerp zendt vervolgens licht uit. Helaas is dit vooral veel onzichtbare infrarode (warmte)straling. Verder zit er in het licht van een gloeilamp in verhouding veel rood en weinig blauw.

Bij een halogeenlamp (1960) is de temperatuur van de gloeidraad hoger. Een groter deel van de elektrische energie wordt omgezet in zichtbaar licht. Het rendement van een halogeenlamp is hoger.

Verder zendt een halogeenlamp in verhouding meer blauw licht uit.

Het licht van een halogeenlamp is daardoor 'witter' dan het licht van een gewone gloeilamp. (Gloeilamp: 'roodgloeiend' – Halogeenlamp: 'witheet')

Bij andere lampen wordt elektrische energie direct omgezet in straling. Het rendement van deze lampen is nog hoger. Er ontstaat 'geen' warmte.

- Gasontladingslamp (fluorescentielamp)

In een TL-buis (1935) en in een spaarlamp (1980) gaat de elektriciteit door een gas. Het gas zendt (ultraviolet) licht uit.

Een fluorescentiepoeder zorgt voor 'wit' licht.

Zie: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Spaarlamp>

Het natriumgas in straatverlichting zendt oranje-geel licht uit.

- LASER

Een LASER (1960) zendt één bepaalde kleur uit. Het bekende rode LASER-licht ontstaat in een gasmengsel (van helium en neon).

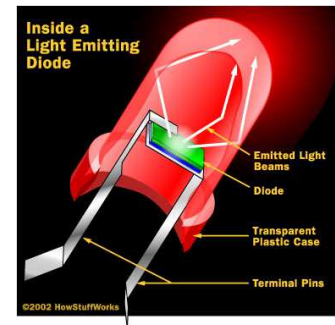
Het licht vormt één smalle bundel, doordat het licht in de LASER tussen twee spiegels heen en weer kaatst.

- LED

In een LED (1960) gaat de elektriciteit door een vaste stof (van halfgeleidend materiaal). Ieder materiaal zendt een bepaalde kleur uit.

Vooraf de rode LED's zijn bekend.

Zie: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Ledlamp>

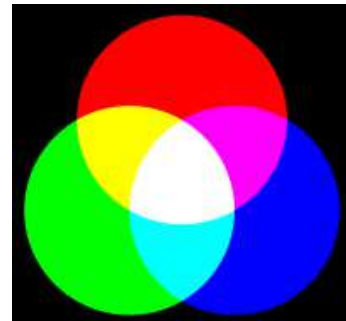


Additieve kleurmenging

De primaire additieve kleuren zijn:
Rood, groen en blauw.

In een beeldscherm wordt licht van deze primaire kleuren gemengd ('opgeteld').

Op deze wijze worden ook 'witte' LED's gemaakt.



Indirecte lichtbron

Een indirecte lichtbron weerkaatst licht.
De maan is een indirecte lichtbron.
Alle voorwerpen zijn indirecte lichtbronnen,
behalve voorwerpen die:



- ❑ het opvallende licht volledig absorberen
 - <http://www.kennislink.nl/publicaties/zwarte-gaten>
 - <http://www.kennislink.nl/publicaties/dun-materiaal-als-ideale-lichtvanger>
 - Een dof, ruw en zwart voorwerp
- ❑ het opvallende licht volledig doorlaten
 - <http://www.edumedia-sciences.com/nl/a433-doorzichtigheid>
 - <http://www.kennislink.nl/publicaties/transparante-chip-uitgevonden>

Kleur van indirecte lichtbronnen

Kleurstoffen en pigmenten reflecteren een bepaalde kleur. Dit zien wij als de kleur van het voorwerp.

Zwart en wit zijn geen echte kleuren.

- ❑ Bij een zwart voorwerp wordt al het opvallende licht geabsorbeerd.
Er wordt geen licht teruggekaatst. Het voorwerp wordt 'niet' gezien.
- ❑ Een wit voorwerp kaatst al het opvallende licht (alle kleuren) terug.

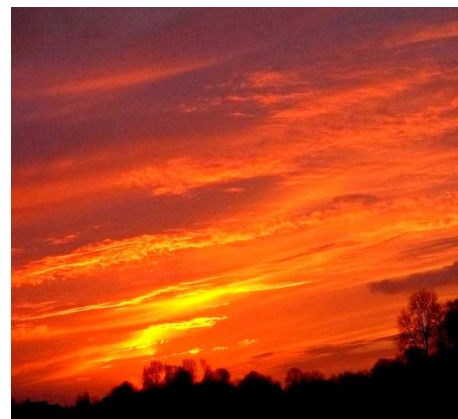
Op de vlag valt wit licht (dat bestaat uit alle kleuren van de regenboog).

- ❑ De bovenste baan absorbeert alle kleuren behalve rood.
Het rode licht wordt teruggekaatst.
- ❑ De tweede baan absorbeert alle kleuren behalve blauw.
Het blauwe licht wordt teruggekaatst.
- ❑ De onderste baan reflecteert alle kleuren. Deze baan is dus wit.



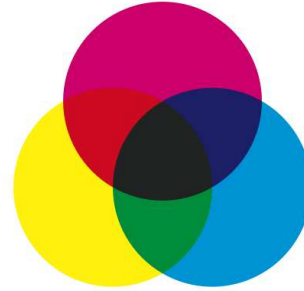
Als deze vlag 's avonds in het rode licht van de ondergaande zon wordt bekeken, ziet de vlag er anders uit.

- ❑ Op de bovenste baan valt rood licht.
Het rode licht wordt teruggekaatst.
- ❑ Op de tweede baan valt rood licht. Dit licht wordt door de blauwe kleurstof geabsorbeerd. Er wordt geen licht teruggekaatst. De baan is 'zwart'.
- ❑ De onderste baan kan alle kleuren reflecteren. Hij reflecteert dus het rode licht. Deze baan is rood.



Subtractieve kleurmenging

De primaire subtractieve kleuren zijn:
Cyaan (= **turquoise**), magenta (= **roze**) en geel.
Als deze kleurstoffen worden gemengd, ontstaan:
Rood, groen, blauw en zwart.



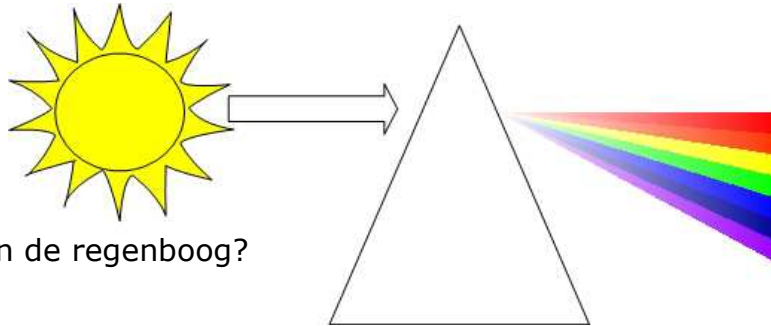
Zie: <http://www.natuurkunde.nl/artikelen/view.do?supportId=782357>

Leesteksten

- <http://www.natuurwetenschappen.nl/modules.php?name=News&file=print&sid=456>



Opdrachten



1. Wat zijn de kleuren van de regenboog?
2. Venus is, na de zon en de maan, het helderste hemellichaam. Vanwege die grote helderheid wordt Venus wel de morgenster of avondster genoemd.
Is Venus een directe of een indirecte lichtbron?
3. Leg uit dat een gloeilamp zowel een directe als een indirecte lichtbron kan zijn.
4. Natriumlampen verlichten de snelwegen.
Welke kleur heeft 's nachts op de snelweg:
A. Een witte auto
B. Een oranje auto
C. Een blauwe auto?



§2 Lichtbundels

Medium

Licht is een (elektromagnetische) trilling die wordt doorgegeven.
Het licht kan zich in doorzichtige materialen én in vacuüm voortplanten.

Lichtsnelheid

Symbool c ; eenheid m/s

In zo'n medium gaat licht met een zeer grote snelheid rechtdoor.

In vacuüm en in gassen is de lichtsnelheid $c = 300 \cdot 10^6 \text{ m/s}^1$.

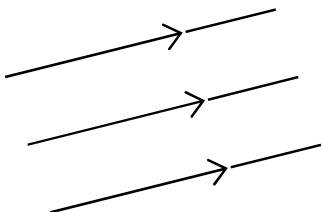
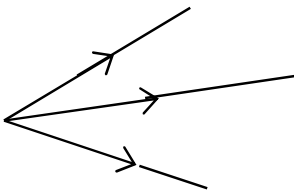
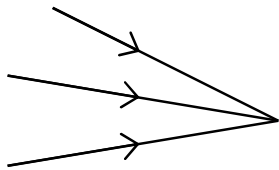
In andere doorzichtige stoffen is de lichtsnelheid lager; bijvoorbeeld:

In water: $c_{\text{water}} = 225 \cdot 10^6 \text{ m/s}$

In glas: $c_{\text{glas}} = 200 \cdot 10^6 \text{ m/s}$.

Lichtbundels:

In een lichtstraal wordt de richting altijd met een pijltje aangegeven.

Lichtbundel		
Evenwijdig	Divergerend	Convergerend
		



Opdrachten

5. Leg uit dat licht zich in vacuüm moet kunnen voortplanten.
6. Zonlicht
 - A. Hoe groot is de afstand zon – aarde?
Waar heb je dit antwoord gevonden?
 - B. Bereken hoe lang het zonlicht onderweg is naar de aarde.



¹ In gassen gaat licht slechts een zeer klein beetje langzamer dan in vacuüm.

7. Nieuwe optische kabel tussen VS en Azië na zeebeving²

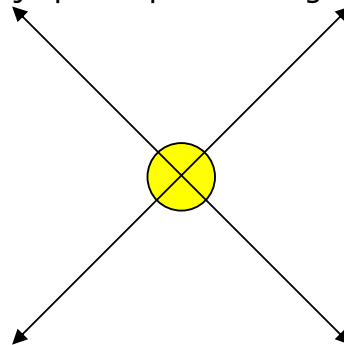
Een aardbeving voor de kust van Taiwan heeft eind vorig jaar een internetverbindingskabel tussen de Verenigde Staten en Azië verwoest. Een nieuwe, optische kabel moet beter bestand zijn tegen de grillen van moeder natuur.

Door de kabelbreuk was een groot deel van Azië compleet van het internet afgesneden. De schade was na twee dagen grotendeels hersteld door het internetverkeer via satellieten en intact gebleven kabels om te leiden, maar toch hebben zeventien grote telecombedrijven besloten om een nieuwe, veiligere verbinding tot stand te brengen. De nieuwe kabel loopt door een gebied waar de risico's op aardbevingen klein zijn, wat wel tot gevolg heeft dat de te overbruggen afstand 20.000 kilometer bedraagt. Het licht doet over deze afstand slechts 100 ms.

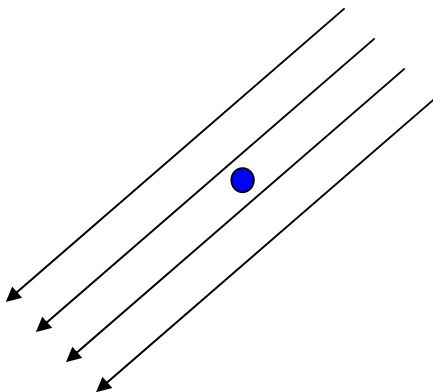
Bereken de snelheid van licht in de optische kabel.

Evenwijdig zonlicht

Licht afkomstig van een puntvormige lichtbron vormt altijd een divergerende lichtbundel. Omdat de zon zo ver weg is, lijkt hij op een puntvormige lichtbron.



Als de lichtbron echter zeer ver weg is, komen de lichtstralen bij benadering evenwijdig aan. De lichtstralen van de zon, die de aarde bereiken, vormen een 'perfecte' evenwijdige bundel.



² Bron: <http://tweakers.net/nieuws/47333/nieuwe-optische-kabel-tussen-vs-en-azie-na-zeebeving.html>

§3 Schaduwvorming

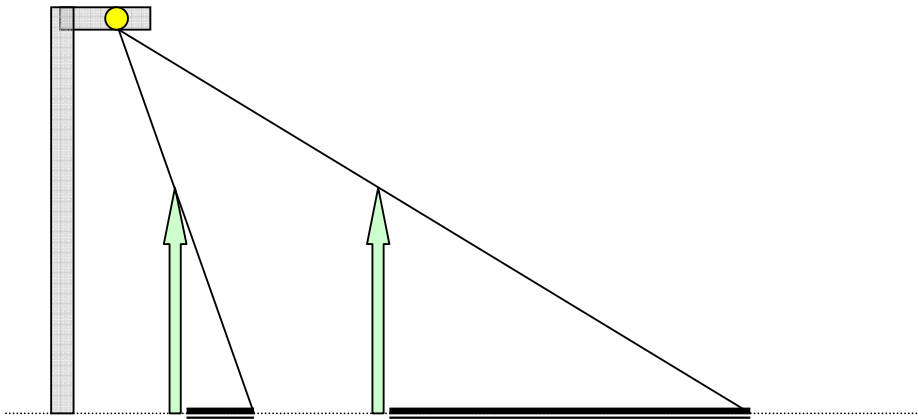
Leesteksten



- <http://nl.wikipedia.org/wiki/Schaduw>
- http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20031204_schaduwtekenen01
- http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20070216_maansverduistering01
- http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20071101_maan01

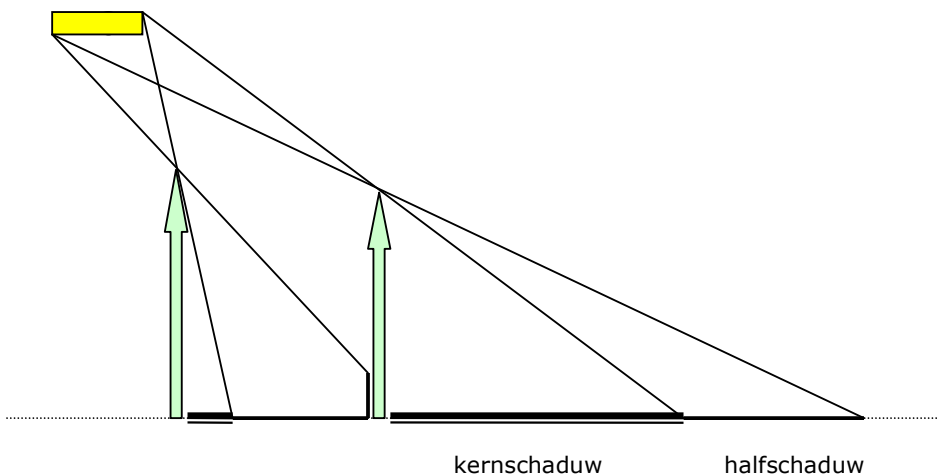
Scherpe schaduw

Een puntvormige lichtbron veroorzaakt een scherpe schaduw.



Kernschaduw en halfschaduw

Een lijnvormige lichtbron (tl-buis) veroorzaakt een kernschaduw en een halfschaduw. In de kernschaduw valt helemaal geen licht. In de halfschaduw komt slechts licht van een deel van de lichtbron.



Schaduwen van zonlicht



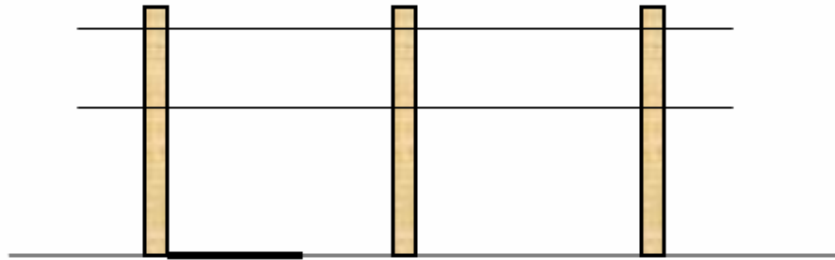
Opdrachten

8. Op een zonnige dag is een rij bomen gefotografeerd.
- A. Waarom zijn de schaduwen van de bomen evenwijdig?
 - B. Waarom zijn deze schaduwen niet allemaal even lang?

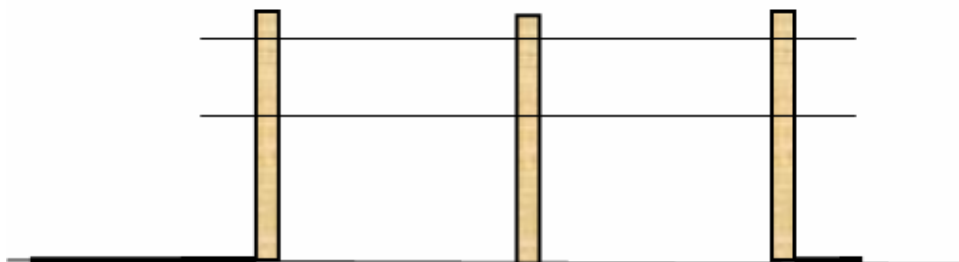
9. Weet je waar het noorden is?



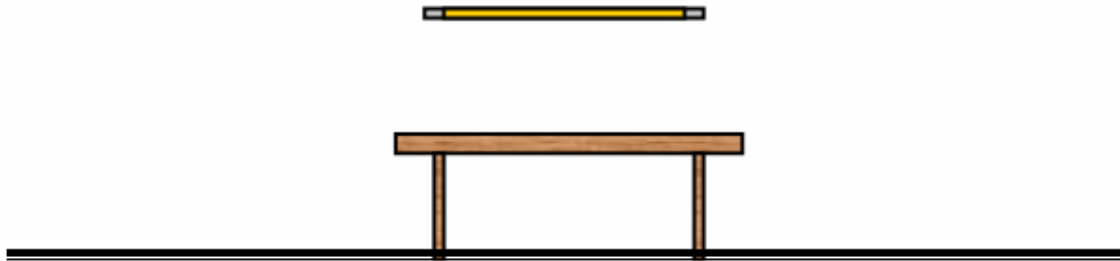
10. Er zijn drie paaltjes van een hek in het zonlicht. De schaduw van één paaltje is getekend.
Teken de schaduwen van de twee andere paaltjes.



11. Het is nacht. Er brandt één straatlantaarn. Er zijn drie paaltjes van een hek. Van twee paaltjes is de schaduw getekend.
Teken de schaduw van het derde paaltje.



12. Boven een tafel hangt een tl-buis.
Teken de kernschaduw en teken de halfschaduw.



13. Maansverduistering
Een maansverduistering doet zich voor wanneer de zon, de aarde en de maan op één lijn staan (met de aarde in het midden).



Normaal weerkaatst de maan het licht van de zon naar de aarde, maar tijdens een maansverduistering staat de aarde in de weg en ontvangt de maan geen zonlicht: de maan bevindt zich in de schaduw van de aarde.

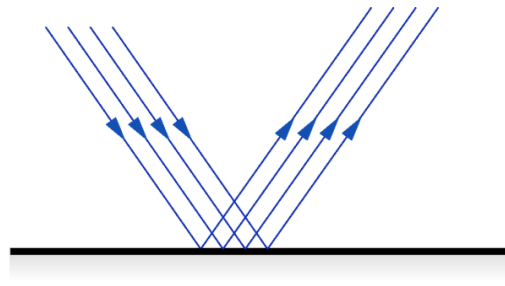
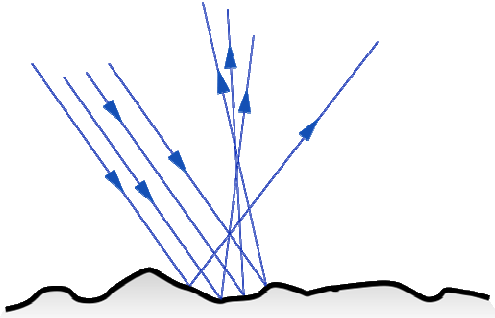
- A. Waarom is een maansverduistering altijd bij 'volle maan'?
- B. Waarom is er niet iedere volle maan een maansverduistering?

MAANSVERDUISTERING



§4 Terugkaatsing

- Diffuse terugkaatsing vindt plaats op een ruw oppervlak. Het teruggekaatste licht gaat in alle richtingen.
- Spiegelende terugkaatsing vindt plaats op een 'spiegelglad' oppervlak.



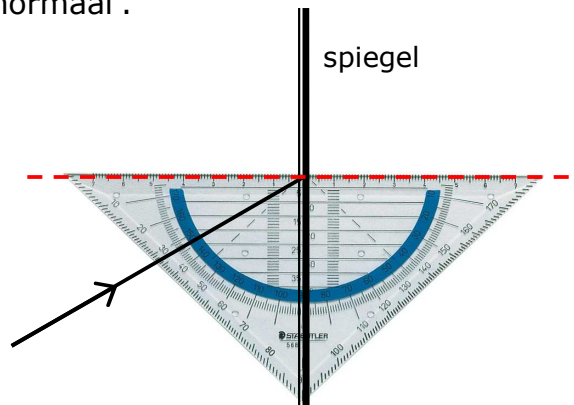
Spiegelende terugkaatsing:

Tekenmethode 1: Spiegelwet $i = t$

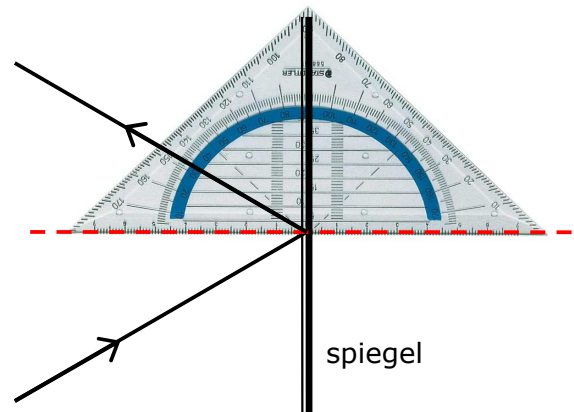
De hoek van inval (i) = De hoek van terugkaatsing (t).

Let op: i en t zijn de hoeken met de 'normaal'.

De normaal is de rode gestippelde hulplijn loodrecht op de spiegel.
De lange zijde van de geodriehoek moet altijd over deze normaal.
Het midden van de geodriehoek moet altijd op de plaats waar de lichtstraal op de spiegel valt.
Hoek $i = 32^\circ$.



De geodriehoek ligt nu langs de andere kant van de normaal.
Hoek $t = 32^\circ$.



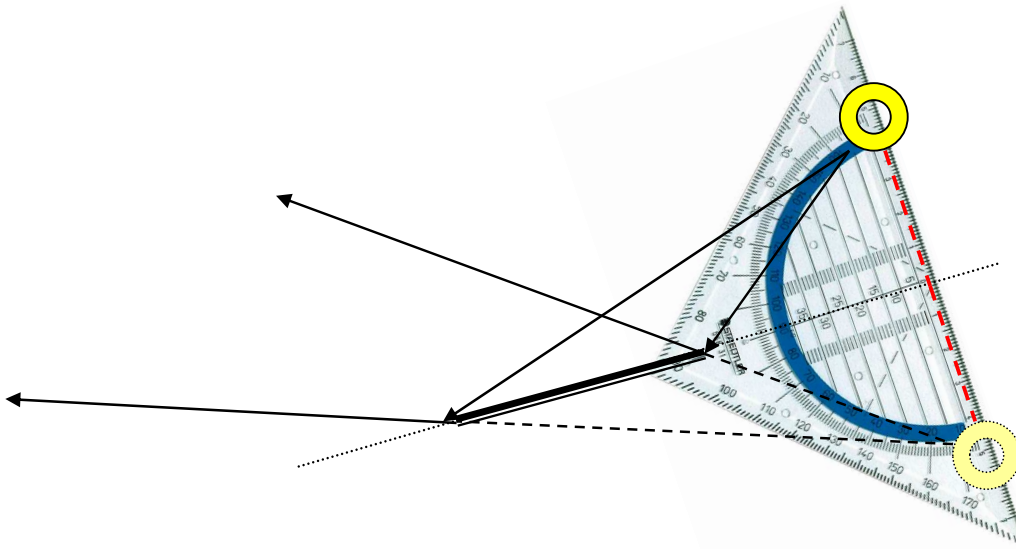
Tekenmethode 2: Spiegelbeeld

Lichtstralen afkomstig uit één punt, die in de spiegel terugkaatsen, lijken te komen uit het spiegelbeeld.

Dit spiegelbeeld is:

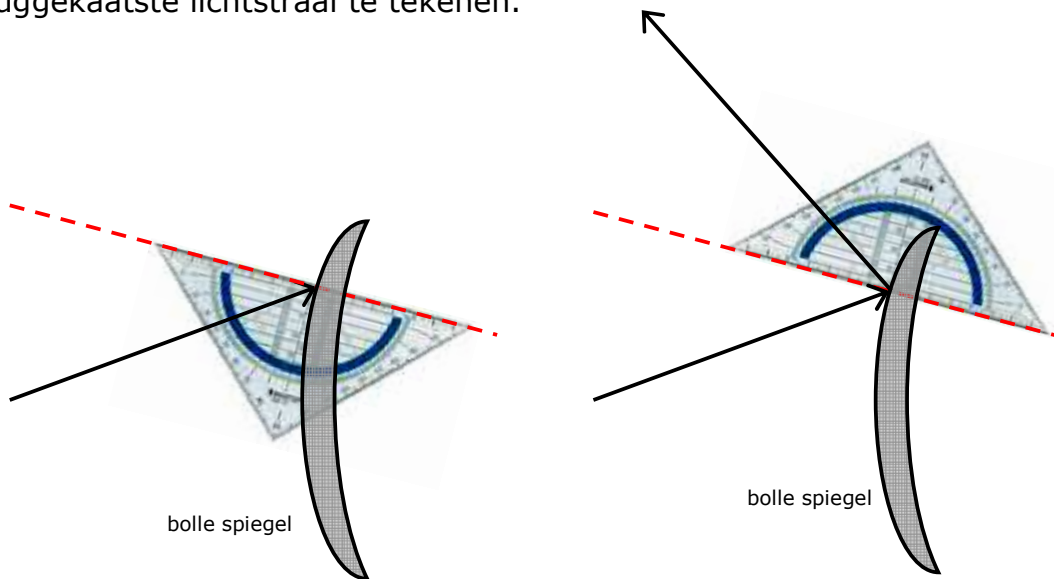
- Even ver
- Loodrecht
- Aan de andere kant van de spiegel.

Ook als de spiegel 'te kort' is, kun je het spiegelbeeld construeren.



Bolle (holle) spiegels

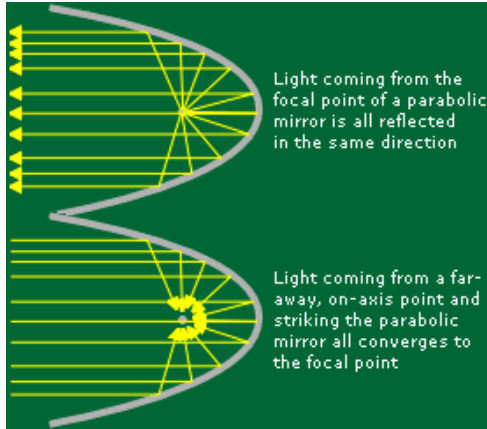
Bij kromme spiegels is het moeilijk om heel precies de normaal en de teruggekaatste lichtstraal te tekenen.



Door zijn vorm is een parabolische spiegel geschikt om:

- uit één punt evenwijdige stralen te laten komen
- evenwijdige stralen in één punt samen te brengen.

Dit ene punt heet het brandpunt F (focal point) van de parabool.



Leesteksten



- http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20081124_heliostaat01
- http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20060411_spiegels01
- <http://www.natuurkunde.nl/artikelen/view.do?supportId=777830>



- <http://www.kennislink.nl/publicaties/onmogelijke-toestand-schakelbare-spiegels-verklaard>

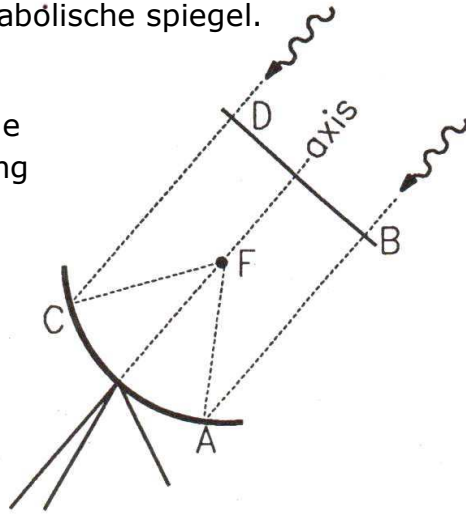




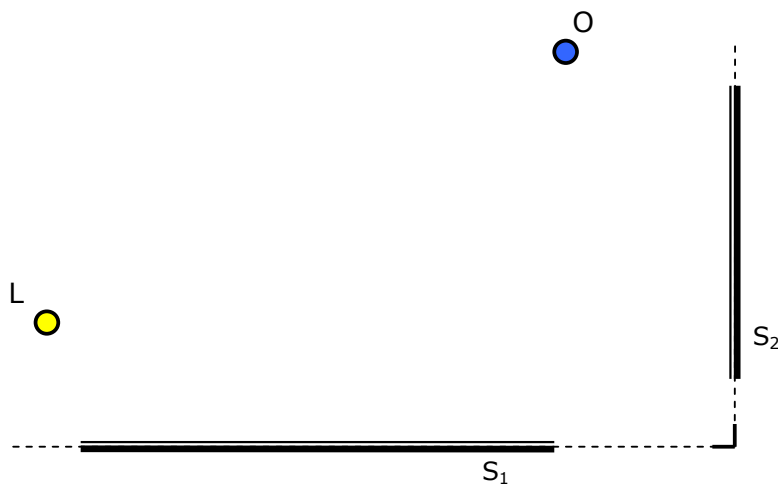
Opdrachten

14. Noem drie toepassingen van een parabolische spiegel.

15. Meet met je geodriehoek hoe groot de hoek van inval i is bij de terugkaatsing tegen de parabolische spiegel.



16. Twee vlakke spiegels S_1 en S_2 staan loodrecht op elkaar. Er is een puntvormige lichtbron L en een oog O .
- A. Teken de lichtstraal die vanuit L via S_1 naar O gaat.
 - B. Meet de hoek van terugkaatsing t van deze lichtstraal.
 - C. Teken de lichtstraal die vanuit L via S_2 naar O gaat.
 - D. Teken de lichtstraal die vanuit L via S_1 naar S_2 en daarna naar O gaat.



§5 Gezichtsveld

Het gezichtsveld is het gebied dat vanaf een bepaalde plek wordt gezien.

- Het gezichtsveld kan worden verkleind door obstakels.
- Het gezichtsveld kan worden vergroot door spiegels.

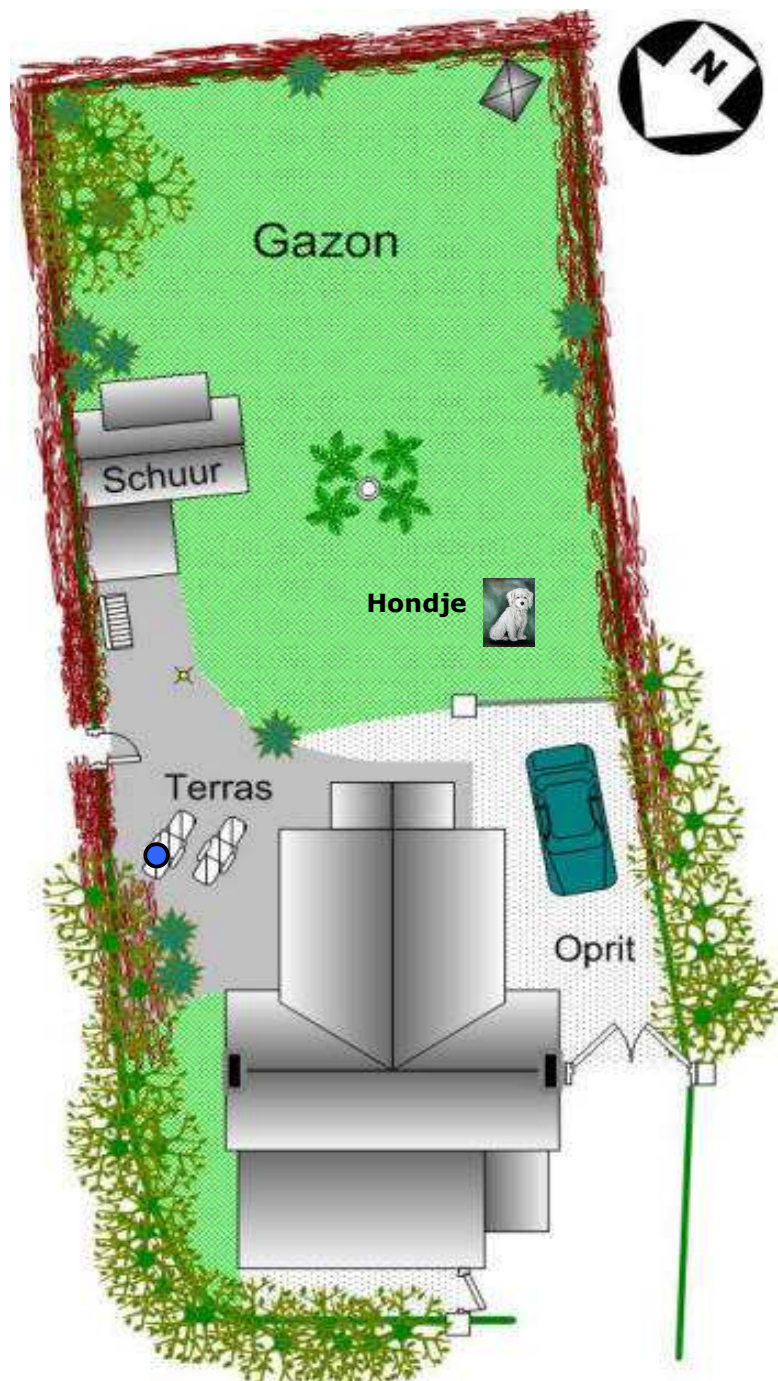


Opdrachten

17. Op de linkerstoel op het terras ligt een vrouw. In de tuin loopt het hondje. Als het hondje achter de struiken is, kan zij hem niet zien.

Als het hondje zich in het gezichtsveld van de vrouw bevindt, kan zij het hondje zien.

Teken het gezichtsveld van de vrouw.

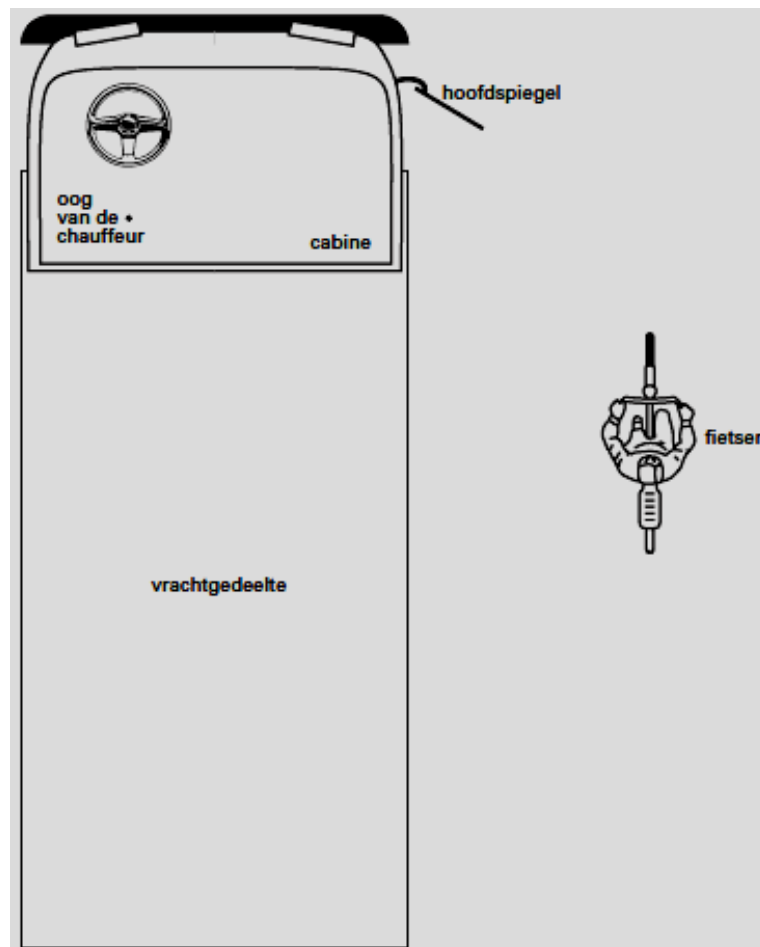




18. Dode hoek

Zie: <http://www.dodehoek.nl/>

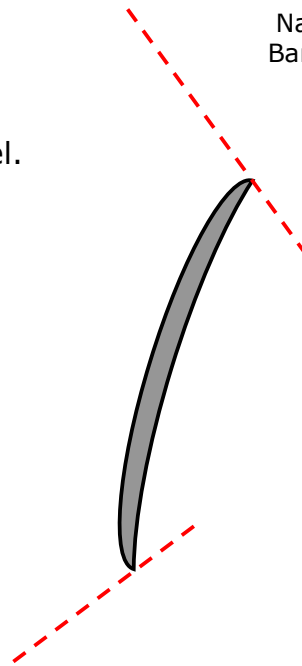
Ga met een tekening na of de fietser zich in het gezichtsveld van de chauffeur bevindt.



19. Bolle spiegel

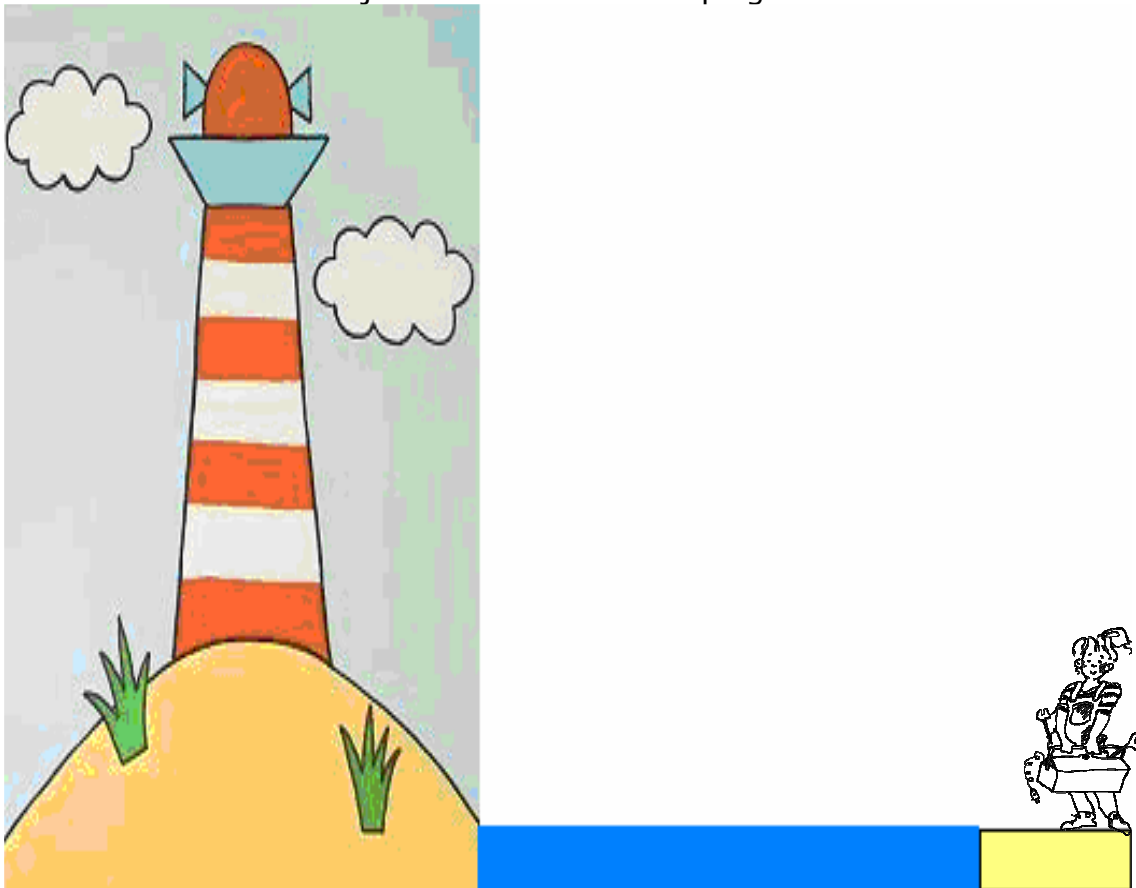
Teken het gezichtsveld in de bolle spiegel.
De rode stippellijnen zijn de 'normalen'
aan de uiteinden van de spiegel.

Oog

A blue dot representing an eye, labeled 'Oog'.

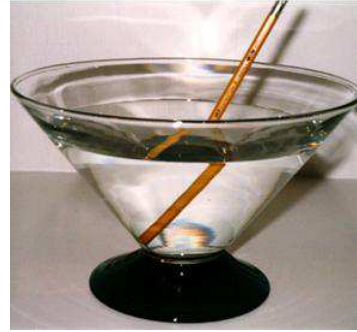
20. Een vuurtoren staat aan de rand van een meer. Aan de andere kant is een meisje.

- A. Teken haar gezichtsveld in het spiegelende wateroppervlak.
- B. Ziet het meisje de hele toren weerspiegeld in het water?



§6 Breking

Bij de overgang van de ene doorzichtige stof naar de andere doorzichtige stof verandert een lichtstraal van richting³.
Dit verschijnsel heet breking⁴.



Oorzaak van breking:

De lichtsnelheid is niet in alle doorzichtige materialen even groot.

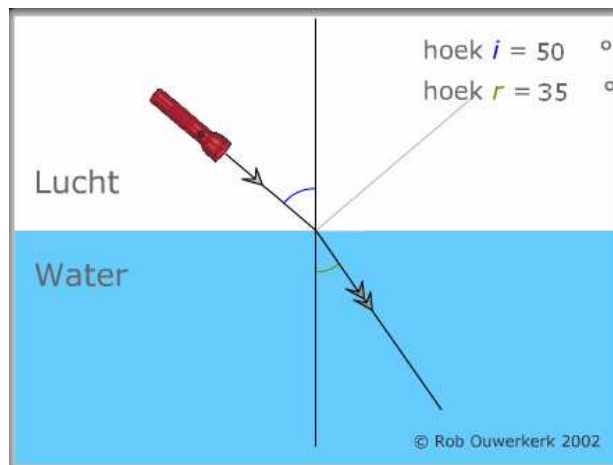
In vacuüm en gassen is de lichtsnelheid: $c = 300 \cdot 10^6$ m/s. In water, glas, perspex, diamant enz. is de lichtsnelheid aanzienlijk lager.

Het blijkt dat licht zo snel mogelijk tussen twee punten gaat; dit is dus niet altijd de kortste weg. Deze eigenschap staat bekend als het "*Principe van Fermat*": http://virtueelpracticumlokaal.nl/refraction_nl/refraction_nl.html



Breking 'naar de normaal toe'

Op: <http://www.natuurkunde.nl/artikelen/view.do?supportId=73> is een simulatie voor de overgang van lucht naar water (of andersom).



Een lichtstraal valt op het grensvlak lucht → water.

De hoek van inval $i = 50^\circ$. De hoek van breking $r = 35^\circ$.

Overigens kaatst een deel van het licht op het grensvlak terug: $t = 50^\circ$.

³ Er is geen richtingsverandering als de hoek van inval 0° is.

⁴ Een ander woord voor breking is refractie.

Het symbool voor de hoek van breking is r .

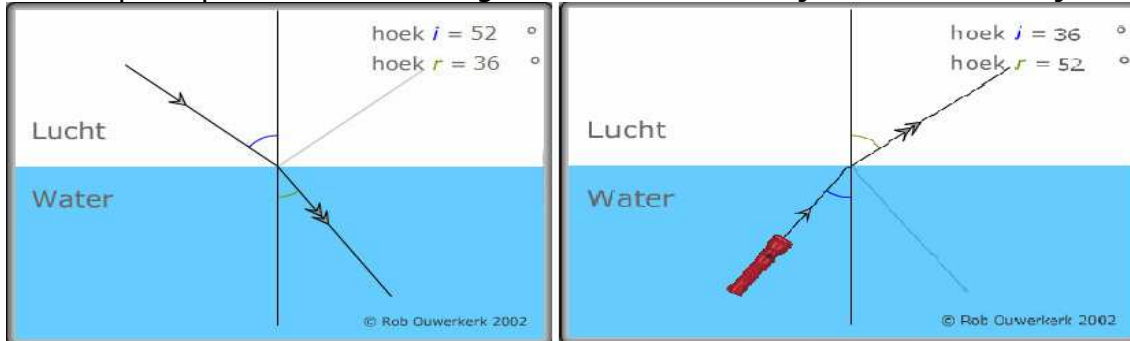
De hoek van breking r is de hoek tussen de 'gebroken' lichtstraal en de normaal.

Vergelijk met de hoek van inval i en de hoek van terugkaatsing t .

Er is breking naar de normaal toe, omdat het licht gaat van "snel naar langzaam". Licht gaat in lucht immers sneller dan in water. Hier verandert de richting van het licht dus naar de normaal toe: $i > r$.

Lichtstralen zijn 'omkeerbaar'.

Uit het principe van Fermat volgt dat lichtstralen altijd omkeerbaar zijn.



Breking 'van de normaal af'

Er is breking van de normaal af, als het licht gaat van "langzaam naar snel". In het rechterplaatje gaat licht van water naar lucht. In water gaat licht langzamer dan in lucht. Hier verandert de richting van het licht dus van de normaal af: $i < r$.

Een lichtstraal die naar lucht gaat zal altijd van de normaal af breken.



Opdrachten

21. Gebruik <http://www.natuurkunde.nl/artikelen/view.do?supportId=73> om de breking van lucht naar water te onderzoeken.

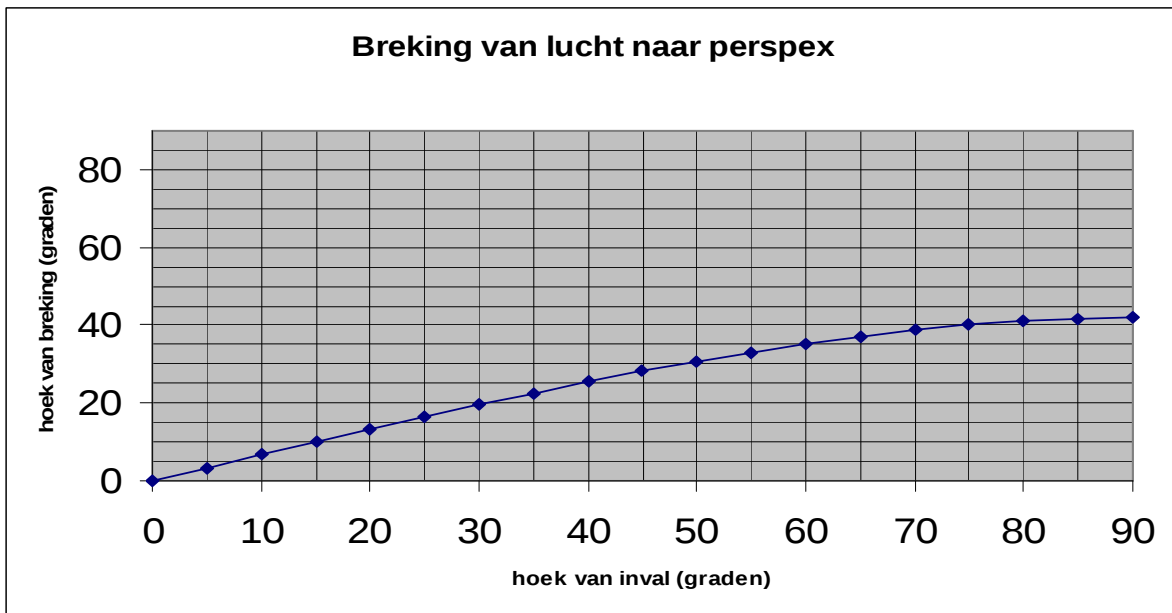
A. Vermeld de 'meetresultaten' in een meettabel.

B. Teken op ruitjespapier deze gegevens in een meetgrafiek.

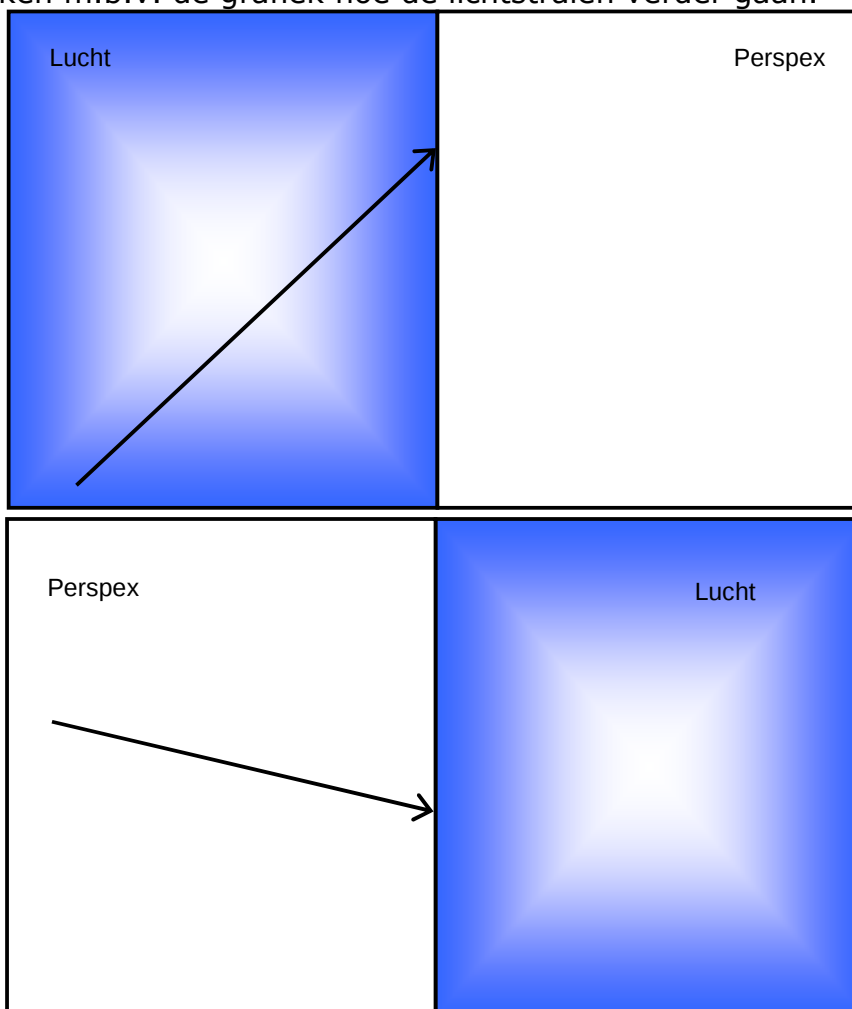
- Horizontaal: i ($^{\circ}$)
- Verticaal: r ($^{\circ}$).

Hoek van inval i ($^{\circ}$)	Hoek van breking r ($^{\circ}$)
0	
5	
10	
15	
20	
25	
30	
35	
40	
45	
50	
55	
60	
65	
70	
75	
80	
85	
90	

22. Voor de overgang van lucht naar perspex geldt:

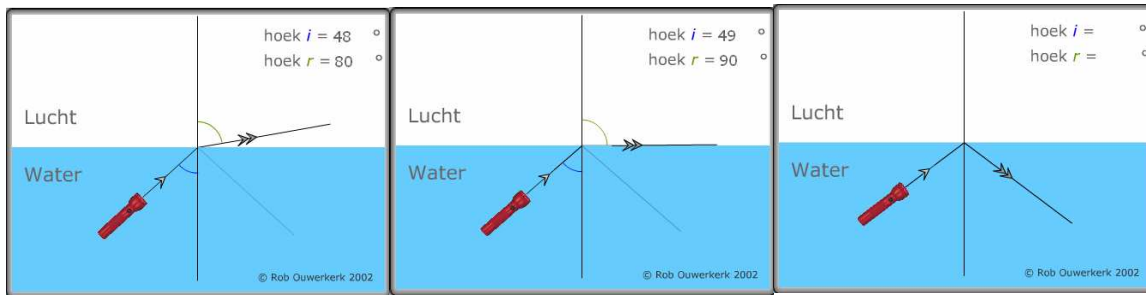


Teken m.b.v. de grafiek hoe de lichtstralen verder gaan.



Grenshoek en totale terugkaatsing:

Licht kan niet altijd (vanuit water) naar lucht ontsnappen.



Bij breking van de normaal af is er namelijk een **grenshoek g** .

De grenshoek is die hoek van inval, waarbij de hoek van breking 90° is.

De grenshoek van water is 49° . Dit kun je zien in de middelste figuur.

Totale terugkaatsing:

Als de hoek van inval groter is dan de grenshoek, kan de lichtstraal niet naar de lucht ontsnappen; al het licht kaatst op het grensvlak terug.



Practicum

Breking

Dispersie



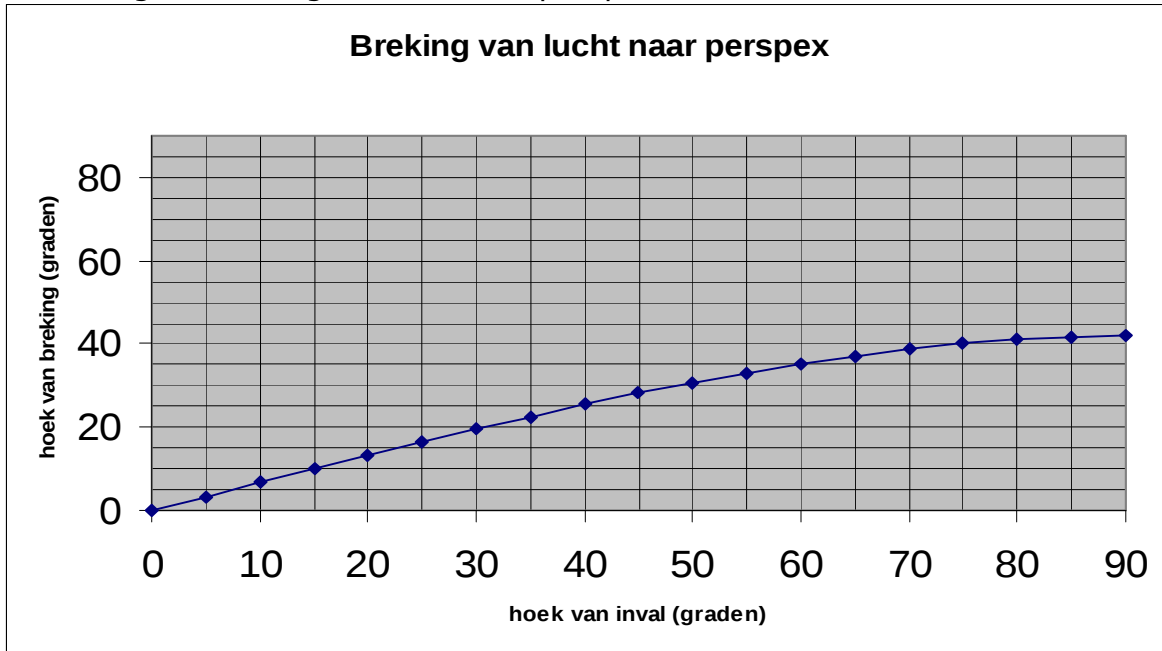
Als 'wit' licht op een glazen prisma valt, breekt het licht:

- Bij de overgang van lucht naar glas: naar de normaal toe
- Bij de overgang van glas naar lucht: van de normaal af.

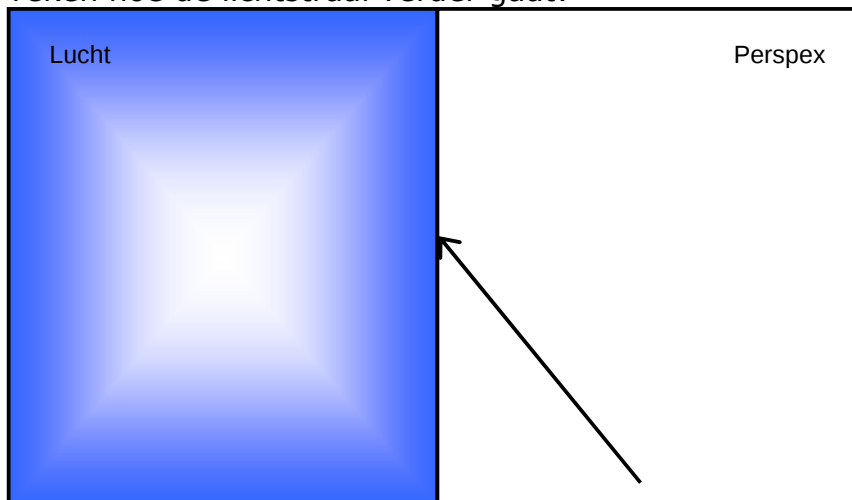
De verschillende kleuren van de regenboog breken verschillend, omdat de snelheid waarmee ze door het glas gaan niet precies even groot is.

Opdrachten

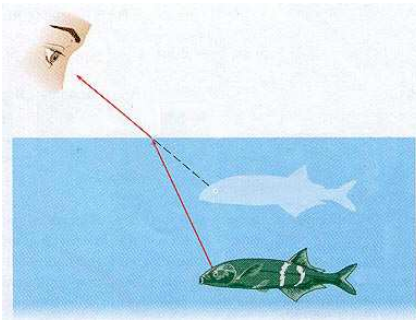
23. Hoe groot is de grenshoek van perspex?



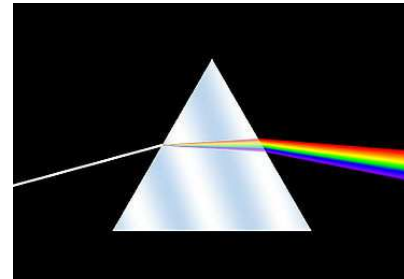
24. Teken hoe de lichtstraal verder gaat:



25. Waar moet een reiger op letten als hij een vis uit het water wil vangen?

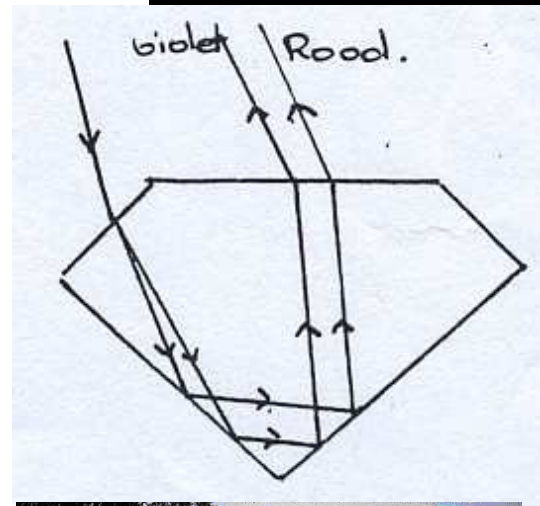


26. Leg uit welke kleur licht in het glas het snelst gaat: rood of violet?



27. Een diamant 'fonkelt', omdat licht slechts op bepaalde plaatsen de diamant weer verlaat. In de diamant is er veel 'totale terugkaatsing'.

Wat weet je van de grenshoek van diamant?



28. Een nat wegdek?



- A. Lees: <http://www.kennislink.nl/publicaties/afbuigende-lichtstralen>
B. Lees: <http://www.kennislink.nl/publicaties/vreemde-verschijnselen-aan-de-horizon>

§1 Eenparige beweging

Een eenparige beweging is een beweging waarbij de snelheid constant is.

Snelheid

Symbool v ; eenheid m/s.

$$v = \frac{s}{\Delta t}$$

s is de afstand die wordt aflegt gedurende tijdsduur Δt .

Omrekenen m/s $\leftrightarrow$ km/h

$$\begin{aligned}\text{Voorbeeld: } 15 \text{ m/s} &= 15 \cdot 3600 \text{ m/h} \\ &= 54.000 \text{ m/h} \\ &= 54 \text{ km/h}\end{aligned}$$



x 3,6

$$\begin{aligned}\text{Voorbeeld: } 90 \text{ km/h} &= 90.000 \text{ m/h} \\ &= 90.000 : 3600 \text{ m/s} \\ &= 25 \text{ m/s}\end{aligned}$$



: 3,6



Opdrachten

1. Een sneltrein rijdt om 8.26 uur juist (in volle vaart) door het station Krommenie-Assendelft. Om 8.31 uur passeert de trein het 9 km verder gelegen station Heiloo. Bereken de (constante) snelheid van de trein.
2. Een paard draaft met een constante snelheid van 21,6 km/h door de duinen. Als het paard om 11.40 uur terug komt bij de manege heeft het 13,5 km gerend. Bereken hoe laat het paard vertrok bij de manege.
3. Een slak kruipt door de tuin met een constante snelheid van 30 cm/minuut. Hij vertrekt om 14.29 uur bij de boom en komt 100 s later aan bij de vijver. Bereken de afstand tussen de boom en de vijver.



§2 Niet-eenparige beweging

Als de snelheid van het bewegende voorwerp niet constant is, rekenen we met de gemiddelde snelheid.

Gemiddelde snelheid

Symbol $\langle v \rangle$; eenheid m/s.

$$\langle v \rangle = \frac{s}{\Delta t}$$



Opdrachten

4. Piet fietst van huis naar school. Onderweg moet hij een paar keer stoppen voor het stoplicht en voor overstekende toeristen.
Piet vertrekt om 8.07 uur van huis. Hij woont 5,4 km van school en fietst met een gemiddelde snelheid van 4,5 m/s.
Ga met een berekening na of Piet nog op tijd is voor het 1^e lesuur.



Het Δ -symbool

Het Δ -symbool wordt gebruikt om veranderingen van een grootte aan te geven. Om die verandering te berekenen doe je "laatste waarde min eerste waarde".

Voorbeeld 1:

Het eerste lesuur begint om 8.30 uur en eindigt om 9.20 uur.
De tijdsduur Δt (= hoeveel de tijd intussen verandert is) is:

$$\Delta t = t_{\text{eind}} - t_{\text{begin}} = 9.20 - 8.30 = 0.50 \text{ uur}$$

Voorbeeld 2:

Een auto staat stil.

Na het optrekken is zijn snelheid even later 12 m/s geworden.

De snelheidsverandering Δv is:

$$\Delta v = v_{\text{eind}} - v_{\text{begin}} = 12 - 0 = 12 \text{ m/s}$$

Voorbeeld 3:

Diezelfde auto remt even later (vanaf 12 m/s) af tot hij nog slechts 8 m/s rijdt.

De snelheidsverandering Δv is:

$$\Delta v = v_{\text{eind}} - v_{\text{begin}} = 8 - 12 = -4 \text{ m/s}$$

Versnelde beweging

Een versnelde beweging is een beweging waarbij de snelheid van een voorwerp verandert; het voorwerp heeft een versnelling.

Het symbool voor de grootte versnelling is a .

De versnelling van een voorwerp is groot, als de snelheid van het voorwerp in korte tijd veel groter wordt.

Bijvoorbeeld:

- Een Opel rijdt met 80 km/h op de snelweg.
Deze auto gaat versnellen; in 10 seconde tijd wordt zijn snelheid 100 km/h.
- Een BMW rijdt met 80 km/h op de snelweg.
Ook deze auto gaat versnellen; in 4 seconde tijd wordt zijn snelheid 100 km/h.

De versnelling van de BMW is groter dan die van de Opel:

De versnelling van de BMW is 5 km/h per seconde.

De versnelling van de Opel is 2 km/h per seconde.

Versnelling is dus hoeveel de snelheid verandert per seconde.

Afspraak:

De eenheid van versnelling is m/s per seconde (m/s^2).

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Opmerking:

Bij versnelde bewegingen gaan we er (meestal) vanuit dat de snelheid 'op een regelmatige wijze' verandert. M.a.w. dat de versnelling constant is.

We spreken dan van een **eenparig versnelde beweging**.

Voorbeeld 4:

Een auto rijdt 54 km/h. De auto gaat sneller rijden. Na 10 seconde versnellen is de snelheid van de auto 72 km/h geworden.

Bereken de versnelling van de auto.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_{eind} - v_{begin}}{\Delta t} = \frac{20 - 15}{10} = 0,5 \frac{m}{s^2}$$

Een beweging met een versnelling $a = -2 \text{ m/s}^2$ is een beweging waarbij de snelheid iedere seconde 2 m/s kleiner wordt.

We spreken van een vertraging van 2 m/s^2 .

Voorbeeld 5:

Een auto rijdt op de snelweg 35 m/s.

De auto gaat remmen, omdat de maximumsnelheid 100 km/h is en er langs de snelweg een flitspaal staat.

De auto remt, gedurende 2,5 s, met een vertraging van 4 m/s^2 en passeert dan de flitspaal.

Ga met een berekening na of de auto een bekeuring zal krijgen.

$$\Delta v = a \cdot \Delta t = -4 \cdot 2,5 = -10 \text{ m/s}$$

$$v_{eind} = v_{begin} + \Delta v = 35 - 10 = 25 \frac{m}{s} = 90 \frac{km}{h}$$

Dus: Er kan geen bekeuring worden gegeven.

Met de gemiddelde snelheid kun je uitrekenen hoeveel meter de auto, tijdens het remmen, gereden heeft.

Aanname:

De snelheid verandert tijdens het remmen "op regelmatige wijze".

De gemiddelde snelheid is nu als volgt te berekenen:

$$\langle v \rangle = \frac{v_{begin} + v_{eind}}{2} = \frac{35 + 25}{2} = 30 \frac{m}{s}$$

De afstand die de auto tijdens het remmen heeft afgelegd:

$$s = \langle v \rangle \cdot \Delta t = 30 \cdot 2,5 = 75 \text{ m}$$



Snelheidsverandering Δv en versnelling a

Δv Hoeveel de snelheid in totaal verandert

a Hoeveel de snelheid per seconde verandert

Neem bij de volgende sommen aan dat er sprake is van een eenparig versnelde beweging.



Opdrachten

5. Een auto reed 15 m/s; 4 seconde later rijdt hij 25 m/s.
 - A. Bereken zijn snelheidsverandering
 - B. Bereken zijn versnelling
 - C. Bereken hoeveel meter de auto in deze 4 seconde heeft gereden.
6. Een fietser rijdt 5 m/s.
Hij versnelt, gedurende 6 seconde, met een versnelling van $0,5 \text{ m/s}^2$.
 - A. Bereken zijn snelheidsverandering.
 - B. Bereken hoe snel de fiets(er) na deze 6 seconde rijdt.
 - C. Bereken hoeveel meter de fiets(er) in deze 6 seconde heeft afgelegd.
7. Verzin zelf een voorbeeld om het verschil uit te leggen tussen:
 - ☐ snelheidsverandering Δv en
 - ☐ versnelling a .
8. Een kogeltje wordt weggeschoten in een buks.
In de loop van de buks wordt het kogeltje versneld. In 0,02 s tijd bereikt het, vanuit stilstand, het eind van de loop met een snelheid van 80 m/s.
 - A. Hoe groot is de gemiddelde snelheid van het kogeltje in de loop van de buks?
 - B. Hoe groot is de snelheidsverandering van het kogeltje in de loop van de buks?
 - C. Bereken de versnelling van het kogeltje.
 - D. Bereken de lengte van de loop van de buks.
9. Een straaljager landt met een snelheid van 60 m/s op een vliegveld.
Na 16 s remmen staat het vliegtuig stil.
 - A. Reken om: $60 \text{ m/s} = \dots \text{ km/h}$.
 - B. Hoe groot is de snelheidsverandering van de straaljager op de landingsbaan?
 - C. Bereken de versnelling tijdens het remmen.
 - D. Hoe groot is de gemiddelde snelheid van de straaljager tijdens het remmen?
 - E. Bereken hoeveel meter het vliegtuig tijdens het remmen nog doorrijdt.

§3 Valbeweging

Op voorwerpen die op aarde naar beneden vallen werkt de luchtwrijvingskracht.

Dit komt, omdat het vallende voorwerp door de lucht wordt gehinderd.

Deze luchtwrijvingskracht is 'klein', als:

- ☐ het voorwerp zwaar is
- ☐ de valsnelheid klein is
- ☐ het voorwerp klein is en een gestroomlijnde vorm heeft.

Vrije val: $g = 10 \text{ m/s}^2$

Een vrije val is een val waarbij de luchtwrijvingskracht wordt verwaarloosd.

Bij een vrije val is de (val)versnelling op aarde voor ieder voorwerp 10 m/s^2 .

Neem bij de volgende sommen aan dat er sprake is van een vrije val.



Opdrachten

10. Een bloempot valt van de rand van het balkon.
Na 3 seconde vallen komt de bloempot op de stoep kapot.
 - A. Bereken zijn snelheidsverandering.
 - B. Bereken zijn eindsnelheid.
 - C. Bereken zijn gemiddelde snelheid.
 - D. Bereken de hoogte van het balkon.
11. Een pen rolt van de tafel en komt met een snelheid van 4 m/s op de grond.
 - A. Bereken de valtijd.
 - B. Bereken de hoogte van de tafel.



Opmerking:

Een 'vrije val' bij parachutespringen is het deel van de valbeweging voordat de parachute wordt geopend.

Natuurkundig is dat geen 'vrije val'. Door de hoge valsnelheid, die al snel wordt bereikt, is de luchtwrijving zeker belangrijk. De valversnelling is kleiner dan 10 m/s^2 .



§4 Diagrammen

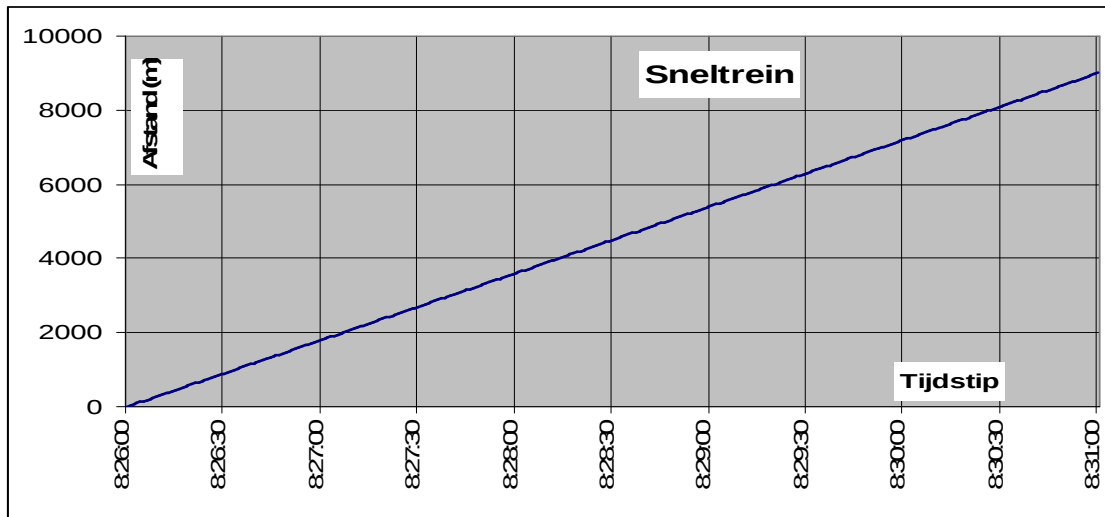
Het verloop van bewegingen kan in een diagram (grafiek) worden weergegeven.

- In een plaatsgrafiek $[(x,t)\text{-diagram}]$ is de plaats van het voorwerp op ieder tijdstip getekend.
- In een snelheidsgrafiek $[(v,t)\text{-diagram}]$ is de snelheid van het voorwerp op ieder tijdstip getekend.

Bij diagrammen moet de grootte én de eenheid bij de as worden vermeld.

Eenparige beweging (sneltrain opdracht 1)

De snelheid is constant.



De plaatsgrafiek bij een eenparige beweging is een rechte lijn.

De plaatsgrafiek loopt steiler, als de snelheid groter is.

De plaatsgrafiek loopt horizontaal, als de snelheid 0 is.

Dit komt, omdat de plaats van het voorwerp dan niet verandert.



Opdrachten

12. De slak van opdracht 3

- Teken (op ruitjespapier) de plaatsgrafiek van de slak.
 - Op de horizontale as de tijd van 0 s → 100 s
 - Op de verticale as de plaats in cm
 - Neem aan dat de slak begint op plaats 0 cm.
- Bepaal⁵ de snelheid van de slak.
- Teken (op ruitjespapier) de snelheidsgrafiek van de slak.
 - Op de horizontale as de tijd van 0 s → 100 s
 - Op de verticale as de snelheid in cm/s.

De snelheidsgrafiek bij een eenparige beweging is een horizontale lijn.

⁵ Bepaal wil zeggen: bereken m.b.v. informatie uit een grafiek of figuur.

Niet-eenparige beweging

Bij een stoptrein zal de snelheid voortdurend veranderen.

De beweging is 'niet-eenparig'.

De plaatsgrafiek van de trein is daarom zeker geen rechte lijn.



Opdrachten

13. Uit het spoorboekje van 1930

2

Amsterdam—Haarlem—Zandvoort Bad.

(Zie vervolg).

Treinnummer	Klasse	3801	1005	2307S	3S	2613	3805	2309S	1015	1019	2311S	1021	1025	19S	2313S	1029	2629	1031
		1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3
Amsterdam C.S. V		6.00	6.15	—	6.28	6.47	7.00	—	7.15	7.45	—	8.00	8.15	8.20	—	8.45	8.50	9.00
Haarlem A		6.14	6.29	—	6.46	7.01	7.15	—	7.29	7.59	—	8.14	8.29	8.39	—	8.59	9.05	9.14
Haarlem V		—	—	6.35	—	—	—	7.20	—	—	8.11	—	—	—	8.54	—	—	—
Overveen		—	—	6.41	—	—	—	—	—	—	8.17	—	—	—	9.00	—	—	—
Zandvoort Bad A		—	—	6.50	—	—	—	7.32	—	8.26	—	—	—	—	9.09	—	—	—

(Vervolg).

Treinnummer	Klasse	437S	1035	3815	2219S	1039	1041	2317S	1045	2221S	1051	1055	2319S	1059	1061	1065	1067	2327S	2327S
		1,2,3	1,2,3	2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3
Amsterdam C.S. V		9.00	9.15	9.27	9.32	9.45	10.00	—	10.15	10.28	10.45	11.15	—	11.45	12.00	12.15	12.28	12.38	—
Haarlem A		9.16	9.29	9.41	9.51	9.59	10.14	—	10.29	10.43	10.59	11.29	—	11.59	12.14	12.29	12.43	12.46	—
Haarlem V		—	—	—	—	—	10.19	—	—	—	—	—	11.53	—	—	—	—	—	12.48
Overveen		—	—	—	—	—	10.25	—	—	—	—	—	11.45	—	—	—	—	—	12.54
Zandvoort Bad A		—	—	—	—	—	10.34	—	—	—	—	—	11.54	—	—	—	—	—	13.03

(Vervolg).

Treinnummer	Klasse	21S	1069	2653	11S	2327S	2223S	1071	2233S	2329S	1077	1079	2331S	1081	2335S	1085	1089
		1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3
Amsterdam C.S. V		12.40	12.45	12.52	12.55	—	13.01	13.15	13.25	—	13.37	13.45	—	14.15	—	14.22	14.45
Haarlem A		12.58	12.59	13.06	13.12	—	13.20	13.29	13.44	—	13.51	13.59	—	14.29	—	14.37	14.59
Haarlem V		—	—	—	—	13.21	—	—	—	13.49	—	—	14.09	—	—	—	—
Overveen		—	—	—	—	13.27	—	—	—	13.56	—	—	14.14	—	—	—	—
Zandvoort Bad A		—	—	—	—	13.36	—	—	—	14.04	—	—	14.22	—	—	—	—

(Vervolg).

Treinnummer	Klasse	1095	1097	1099	2339S	191S	1101	1105	1111	2341S	1115	2245S	1119	2677	3841	2345S
		1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3
Amsterdam C.S. V		15.15	15.25	15.45	—	15.54	16.15	16.28	16.45	16.50	17.00	17.03	17.15	17.21	17.25	17.32
Haarlem A		15.29	15.39	15.59	—	16.11	16.29	16.42	16.59	17.09	17.14	17.21	17.29	17.35	17.40	17.50
Haarlem V		—	—	—	16.07	—	—	—	—	—	17.11	—	—	—	—	17.52
Overveen		—	—	—	16.13	—	—	—	—	—	17.17	—	—	—	—	17.58
Zandvoort Bad A		—	—	—	16.22	—	—	—	—	17.26	—	—	—	—	—	18.07

a Alleen Zaterdags.

b Alleen op werkdagen, behalve Zaterdags.

c Dagelijks, behalve Zaterdags.

T Alleen tot datum invoering Zomertijd in België.

▲ Alleen van datum invoering Zomertijd in België af.

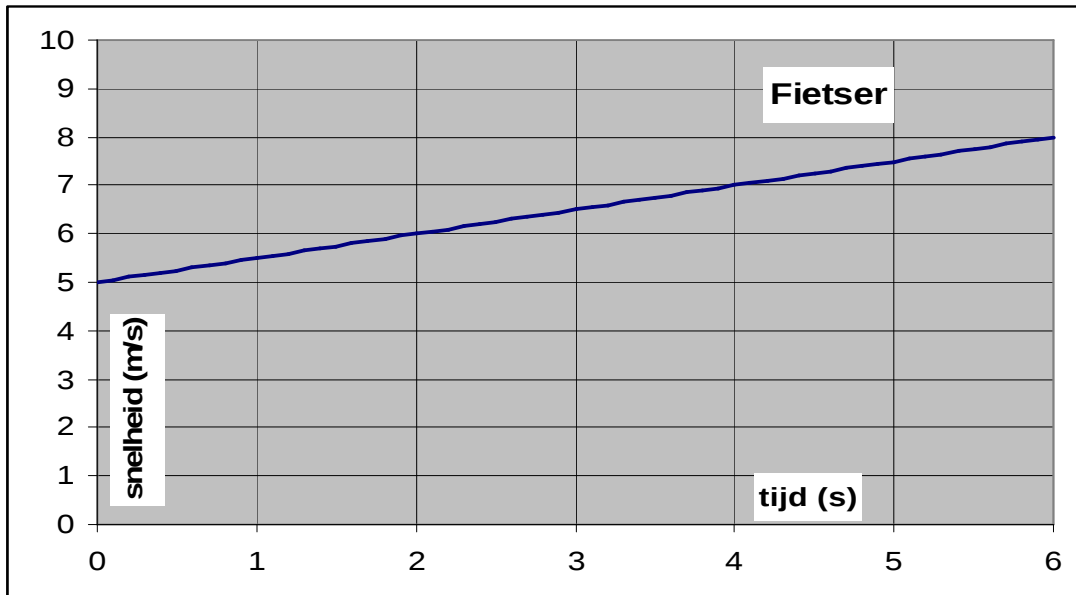
- Met welke treinen kon je (overdag) in 1930 van Amsterdam C.S. naar Zandvoort Bad zonder over te stappen?
- Hoe lang staan deze treinen stil in Haarlem?
- Zoek de afstand tussen de stations op:
 - Amsterdam C.S. – Haarlem
 - Haarlem – Overveen
 - Overveen – Zandvoort Bad
 - Waar heb je deze informatie gevonden?
- Bereken de gemiddelde snelheid van de treinen tussen Haarlem en Overveen.
- Schets⁶ de plaatsgrafiek van een rechtstreekse trein van Amsterdam C.S. naar Zandvoort Bad.
 - Op de horizontale as de tijd van 0 min → 35 min
 - Op de verticale as de plaats in km
 - Neem aan dat de trein begint op plaats 0 km.



⁶ Bij een schets hoeft de tekening niet heel precies te zijn.

Eenparige versnelde beweging (fietser opdracht 6)

De versnelling is constant: $0,5 \text{ m/s}^2$; de snelheid verandert 'op regelmatige wijze': iedere seconde wordt de snelheid $0,5 \text{ m/s}$ groter.



De snelheidsgrafiek bij een eenparige versnelde beweging is een rechte lijn.

De snelheidsgrafiek loopt steiler, als de versnelling groter is.

De snelheidsgrafiek loopt horizontaal, als de versnelling 0 is.

Dit komt, omdat de snelheid van het voorwerp dan niet verandert.



Opdrachten

14. De vallende bloempot van opdracht 10

A. Teken (op ruitjespapier) de snelheidsgrafiek van de vallende bloempot.

□ Op de horizontale as de tijd van $0 \text{ s} \rightarrow 3 \text{ s}$

□ Op de verticale as de snelheid in m/s .

B. Bepaal de versnelling van de bloempot.

C. Teken (op ruitjespapier) de versnellingsgrafiek van de vallende bloempot.

□ Op de horizontale as de tijd van $0 \text{ s} \rightarrow 3 \text{ s}$

□ Op de verticale as de versnelling in m/s^2 .

De versnellingsgrafiek bij een eenparig versnelde beweging is een horizontale lijn.

De plaatsgrafiek van een eenparig versneld voorwerp is moeilijk, omdat de snelheid voortdurend verandert.

De vallende pen van opdracht 11

tijdstip (s)	v (m/s)	periode	$\langle v \rangle$ (m/s)	s (m)	plaats (m)
0	0	-	-	-	0
0,1	1	[0 s $\rightarrow$ 0,1 s]	0,5	0,05	0,05
0,2	2	[0,1 s $\rightarrow$ 0,2 s]	1,5	0,15	0,20
0,3	3	[0,2 s $\rightarrow$ 0,3 s]	2,5	0,25	0,45
0,4	4	[0,3 s $\rightarrow$ 0,4 s]	3,5	0,35	0,80



Opdrachten

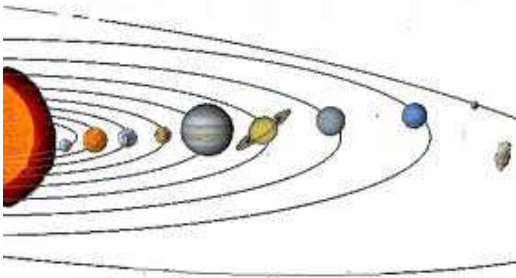
15. Bestudeer de 'rekentabel' over de vallende pen.
16. Schets (op ruitjespapier) de plaatsgrafiek van de vallende pen.
 - ☐ Op de horizontale as de tijd van 0 s $\rightarrow$ 0,4 s
 - ☐ Op de verticale as de plaats in cm.
17. Een auto rijdt 15 m/s. De auto remt af tot stilstand.
De vertraging is (-) 6 m/s².
 - A. Reken om: 15 m/s = ... km/h
 - B. Toon met een berekening aan dat de remtijd 2,5 s is.
 - C. Bereken de remafstand.
 - D. Teken de snelheidsgrafiek van de remmende auto op ruitjespapier.
 - E. Vul de rekentabel verder in:

tijdstip (s)	v (m/s)	periode	$\langle v \rangle$ (m/s)	s (m)	plaats (m)
0	15	-	-	-	0
0,5					
1					
1,5					
2					
2,5	0				

- F. Schets de plaatsgrafiek van de remmende auto op ruitjespapier.

§1 Inleiding

Hier zie je ons zonnestelsel. Wat valt je op als je deze afbeeldingen vergelijkt?



We gaan ons zonnestelsel bestuderen. Om beter te begrijpen wat er allemaal in ons zonnestelsel gebeurt, is het belangrijk om regelmatig naar de hemel te kijken, overdag, maar vooral ook als het donker is. Let dan goed op wat er allemaal te zien is en wat er verandert.

Op de website <http://hemel.waarnemen.com/> staat veel informatie over de aarde, zon, maan, planeten en sterren. Die zullen we in de lessen gebruiken.

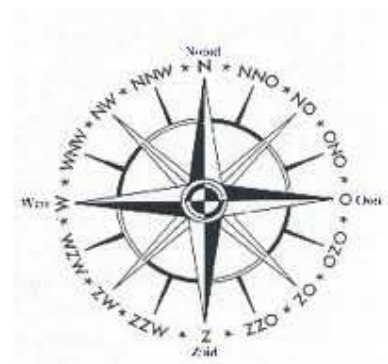
Windrichtingen

De windrichtingen Noord, Oost, Zuid en West zijn belangrijk. Jij moet thuis en op school kunnen aangeven waar welke richting is.

Bij meteorologie en vroegere navigatie worden de richtingen vaak aangegeven met Noord, Oost, Zuid en West. In de sterrenkunde worden die richtingen aangegeven in graden. Noord is 0° , Oost 90° , Zuid 180° en West 270° .

Om nauwkeuriger te werken worden nog 4 extra richtingen aangegeven: Noordoost, Zuidoost, Zuidwest en Noordwest. Je hebt dan 8 windrichtingen. Tussen elk van die acht richtingen kun je er dan weer een bijmaken. Tussen Noord (N) en Noordoost (NO) zit Noordnoordoost (NNO). Tussen Oost (O) en Zuidoost (ZO) zit Oostzuidoost (OZO).

Op deze manier heb je 16 windrichtingen zoals aangegeven op de figuur hiernaast.



Dimensies

Wij leven (meestal) in een driedimensionale ruimte. Om een de plaats van een voorwerp precies aan te geven heb je drie plaatscoördinaten nodig: lengte, breedte en hoogte. In wiskunde zijn dat de x, de y en de z-coördinaat. Als je bijvoorbeeld in de gymzaal bent, dan is de Weteringsschans de 1^e coördinaat, nummer 31 is de tweede en de derde verdieping de derde.

De tijd wordt vaak gezien als vierde dimensie. Om aan te geven waar en wanneer je een hemellichaam ziet, moet je ook aangeven op welk tijdstip je het ziet. Als je een afspraak maakt met je vriendje, zeg je bijvoorbeeld: Leidsestraat (dimensie 1), nummer 186 (dimensie 2), 3^e verdieping (dimensie 3) om 12.15 (dimensie 4).

Afstanden

Hadden we het in het hoofdstuk over moleculen nog over hele kleine afstanden. Nu gaan we naar hele grote afstanden kijken. Denk nog eens terug aan de plaatjes bij de machten van 10 aan het begin van het schooljaar.

De aarde is een bol met een straal van ongeveer 6000 km. Deze bol staat op een afstand van 150 miljoen km van de zon. De afstand aarde-zon wordt ook wel de astronomische eenheid AE genoemd, 1 AE = 149 597 870 691 meter met een onnauwkeurigheidsmarge van 6 meter. De zon is een bol met een straal van ongeveer 720 000 km.

Om je een idee te geven van deze afmetingen volgen nu een paar gegevens in een tabel die we met de klas gaan invullen.

Stel dat je de afstanden die hier onder in de tabel staan met een auto over een lange rechte weg zou kunnen rijden met een snelheid van 100 km/h. Of met een vliegtuig dat 1000 km/h vliegt. Hoe lang doe je dan over de volgende afstanden.

Het licht is (vooralsnog) het snelste wat er is. Bereken in de tabel hoe lang het licht er over doet. De snelheid van het licht is 300 000 km/s.

Afstand:		Omtrek aarde		Afstand aarde zon			Afstand ster
vervoer middel	Snelheid	Tijd		Tijd			Tijd
	km/h	uren	dagen	uren	dagen	jaren	jaren
Auto	100						
vliegtuig	1000						
Raket	10 000						
		seconde		seconde	minuten		jaren
Licht							

Lichtjaar

Omdat de afstanden zo groot zijn worden zij vaak gemeten in lichtjaar.

Tijdsduur	Afstand (in km)	Afstand
1 seconde	300 000 = 3×10^5	1 lichtseconde
1 minuut	18 miljoen = $1,8 \times 10^7$	1 lichtminuut
1 uur	1,08 miljard = $1,08 \times 10^9$	1 lichtuur
1 dag	26 biljoen = $2,6 \times 10^{10}$	1 lichtdag
1 jaar	9,5 biljard = $9,5 \times 10^{12}$	1 lichtjaar

Opdrachten

1. Zorg ervoor dat je thuis en in de klas de windrichtingen aan kunt geven.
2. Bestudeer drie hemellichamen en schrijf op drie verschillende dagen op waar (windrichting en hoogte boven de horizon) en hoe laat je ze gezien hebt.
3. Op de Aarde kun je een heleboel veranderingen waarnemen. In de natuur om je heen, maar vooral boven je hoofd. Veranderingen in de beweging en positie van Zon, Maan, sterren en planeten.
Schrijf drie van deze duidelijk waarneembare veranderingen op
4. Leg uit of je voor de positie van een ster twee of drie plaatscoördinaten nodig hebt.
5. Kijk op de website <http://hemel.waarnemen.com/> en beantwoord de volgende vragen.
 - A. Hoe laat gaat de zon vandaag onder?
 - B. Hoe laat gaat de maan vandaag onder?
 - C. Hoeveel procent van de maan is vandaag zichtbaar?
 - D. Is dat morgen meer of minder?
 - E. Hoe lang duurt de dag (van zonsopkomst tot zonsondergang) vandaag?
 - F. Hoe lang duurt de dag morgen?
 - G. Hoe lang duurt de kortste dag dit jaar? Welke dag is dat?
 - H. Hoe lang duurt de langste dag dit jaar? Welke dag is dat?
6. Vul de volgende tabel verder in.

windrichting	hoek
NO	
ZZO	
NW	
NNW	
ZZW	

hoek	windrichting
90°	
22,5°	
135°	
202,5°	
225°	

§2 Geschiedenis

Plat of rond, schijf of bol

Mensen hebben heel lang gedacht dat de aarde een platte schijf was die dreef op de oceaan. In de afbeelding hiernaast hieronder zie je een reconstructie van een kaart van Anaximandros, een van de eerste Griekse natuurwetenschappers, uit de 6^e eeuw voor Christus. Eigenlijk was toen alleen de Middellandse zee bekend terrein en de rest was waarschijnlijk een wilde gok hoe het er uit zag. Libië staat voor heel Afrika zoals het toen bekend was.

Als je te ver de zee op zou varen dan zou je van de aarde af vallen. Er deden de wildste fantasieën de ronde over wat er dan met je zou gebeuren.



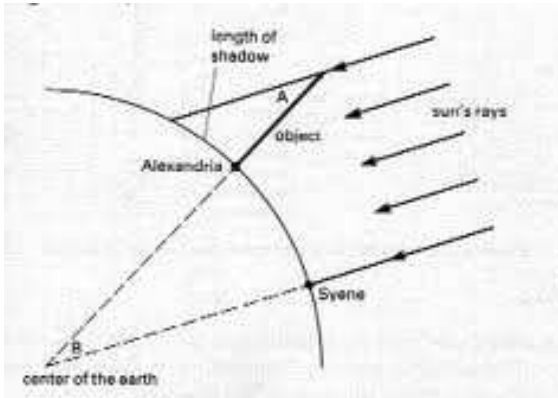
Nog geen 100 jaar na Anaximandros veronderstelde Pythagoras dat de aarde rond was. Hij doelde daarmee niet op een ronde platte schijf zoals de kaart van Anaximandros ook rond was, maar op een ronde bal. De aarde van Anaximandros was ook rond: een ronde schijf, misschien ook wel vanuit de gedachte dat de zon en de maan ook ronde schijven (lijken te) zijn.

Pythagoras kwam tot zijn veronderstelling vanuit esthetische overwegingen: hij zag de maan en de zon ook als bollen.

In de 4^e eeuw voor Christus stelde Aristoteles dat je een theorie moet baseren op waarnemingen (denk aan empirisme) en die waarnemingen leidden tot de conclusie dat de aarde een bol is. Doordenkend op deze lijn heeft Eratosthenes, die ook de 'zeef' voor priemgetallen bedacht heeft, in 240 voor Christus als eerste de omtrek van de aarde bepaald. Hij bepaalde de omtrek van een bol, en niet van een platte schijf.

Omtrek van de aarde

De methode van Eratosthenes:



Eratosthenes had vastgesteld dat in Syene (een stad Egypte, het huidige Aswan) als de zon op haar hoogste punt staat, op de langste dag van het jaar, dat er dan geen schaduw is. Een jaar later, wederom op de langste dag van het jaar, was hij in Alexandrië, dat precies ten noorden van Syene ligt, en toen de zon op die dag op haar hoogste punt stond merkte hij dat een rechte stok een schaduw gaf van $7,2^\circ$ (hoek A in de figuur); dat is $1/50$ deel van een hele cirkel. Dan hoek B in de figuur hiernaast ook $7,2^\circ$ (Z-hoeken) en dus ook $1/50$ deel van een cirkel.

Eratosthenes had de afstand van Syene naar Alexandrië opgemeten en bepaald op 5000 stadiën en dat is dan ook $1/50$ deel van de omtrek van de aarde. De omtrek van de aarde is dus 250 000 stadiën. Een probleem is dat wij nu niet weten lang een 'stadium' van Eratosthenes is. Schattingen lopen uiteen van 160 m tot 184 m.

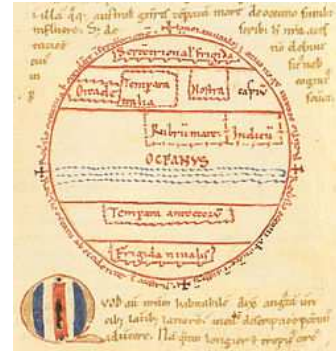
Ondanks het feit dat al ruim voor het begin van onze jaartelling gerenommeerde geleerden het er over eens waren dat de aarde een bol was, dacht met nog tot ver in de Middeleeuwen dat de aarde plat was, wat ook overeen komt met de dagelijkse ervaring, vooral in Nederland waar het land overal plat lijkt.

Christoffel Columbus wist in de 15^e eeuw dat de aarde rond was. In die tijd voeren veel handelsschepen van Europa naar India. Zij moesten dan onder Afrika door varen, dat was een lange route. Columbus dacht dat hij een kortere route kon nemen door naar het westen te varen, om de aarde heen en dan ook in India uit te komen. Hij had de aarde kleiner geschat en hij had niet verwacht nog een heel continent tegen te komen. Toen hij land zag met mensen erop dacht hij in India te zijn en noemde hij hen Indianen.

Antipoden

In de Middeleeuwen had men al meer van de wereld gezien dan alleen de Middellandse Zee en had men ontdekt dat het in het noorden steeds kouder werd en in het zuiden steeds warmer. Als de aarde een bol is, kan dit verklaard worden doordat het midden van de bol dichterbij de zon staat dan de boven- en onderkant van de bol (de polen). Hoe zuidelijker je ging, hoe warmer het werd en hoe donkerder de mensen werden. Op een gegeven moment zou het te warm worden en zouden mensen levend verbranden en zou er geen leven mogelijk zijn rond de evenaar. Op het zuidelijk halfrond zou dan wel weer leven mogelijk zijn, maar dat zouden wij nooit zien. Daar leefden de antipoden.

In de kaart van een 12^e-eeuws manuscript hiernaast hieronder wordt een bewoond noordelijk gebied gescheiden van de antipoden door een denkbeeldige oceaan die de evenaar omringt.



Opdrachten

7. Op grond van welke waarnemingen bedacht Aristoteles dat de aarde een ronde bol is.
8. Bereken de minimale en maximale omtrek van de aarde volgens Eratosthenes.
9. Eratosthenes nu: Op de langste dag van het jaar, 21 juni, zit je in Frankrijk op een camping (je bent te vroeg op vakantie gegaan?) in de buurt van Geneve. Je meet de schaduw van een 200 cm lange tentstok na en die blijkt 110 cm te zijn. Je belt met je vriendje die nog in Nederland zit, precies 670 km naar het noorden. Hij meet op dat moment in Nederland de lengte van de schaduw van een 200 cm lange stok. Je vriendje meet een schaduw van 85 cm.
 - A. Maak een tekening op schaal van de twee stokken en de twee schaduwen.
 - B. Meet de relevante hoeken op in de tekeningen.
 - C. Bereken het verschil tussen de hoek in Geneve en die in Nederland.
 - D. Welk deel van een cirkel is dit?
 - E. Bereken de omtrek van de aarde.
 - F. Maak een schatting van de straal van de aarde.
10. De evenaar staat inderdaad dichterbij de zon dan de polen, maar dat verklaart niet het grote verschil in temperatuur. Leg uit waarom niet.

§3 Beweging van de aarde

Twee cirkelbewegingen

De beweging van de aarde is te zien als twee verschillende draaiingen. Ten eerste draait de aarde om zijn as. Dit veroorzaakt het ontstaan van dag en nacht. De as van deze draaiing loopt door de Noord- en de Zuidpool. Eén rondje om haar as duurt 23 uur, 56 minuten en 4 seconden, dit wordt een sterrendag genoemd.

Ten tweede draait de aarde een rondje om de zon. Dit rondje duurt ongeveer $365 \frac{1}{4}$ dagen. De aarde draait in een vlakke baan om de zon heen. Dit vlak noemen we de ecliptica. De aarde staat niet recht ten opzichte van de ecliptica. De aardas (door de polen heen) staat niet loodrecht op het vlak waarin de aarde om de zon draait. Dit is goed te zien bij een globe waarin de aarde altijd 'schuin' staat in zijn houder. De hoek tussen de aardas en de ecliptica is $67,5^\circ$.

Snelle rondjes

De aarde draait in 24 uur om zijn eigen as. Als je op de evenaar staat dan draai je dus één rondje om (de omtrek van) de aarde in 24 uur.

De omtrek van de aarde kun je berekenen als je de straal weet met de formule: $omtrek = 2 \cdot \pi \cdot r$. Neem voor het gemak $\pi = 3$ en $r = 6000$ km.

Wat is dan de omtrek van de aarde? $omtrek =$

Wat is dan je draaisnelheid? $snelheid =$

Het wordt nog erger als je de baansnelheid berekent waarmee de aarde in één jaar om de zon draait.

Neem voor het gemak: $\pi = 3$ en $r = 140$ miljoen km en 350 dagen in een jaar.

Wat is de omtrek van de baan van de aarde? $omtrek =$

Wat is de baansnelheid van de aarde? $snelheid =$

Samengevat:

De draaisnelheid van de aarde om zijn eigen as is op de evenaar ongeveer:

m/s = km/h.

De baansnelheid waarmee de aarde om de zon draait is ongeveer:

m/s = km/h.

Vind je het gek dat veel mensen niet geloven dat de aarde beweegt?

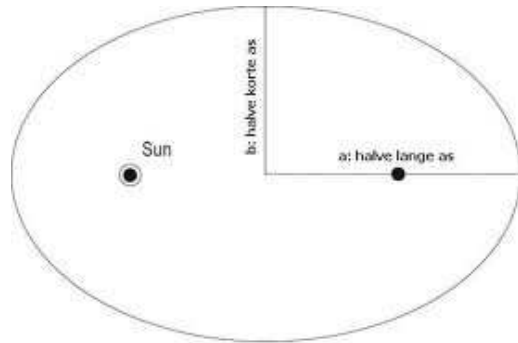
Ellips of cirkel

De baan die de aarde om de zon heen volgt is geen perfecte cirkel, het is een ellips.

Een ellips heeft twee brandpunten en in een van die twee punten staat de zon. Een ellips heeft twee diameters: een korte en een lange. Een cirkel heeft maar één diameter.

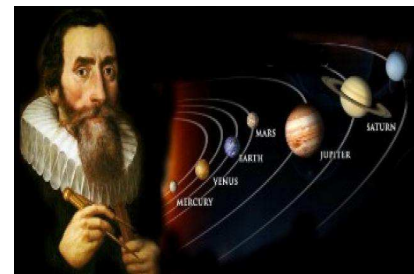
Om aan te geven hoeveel de ellipsbaan afwijkt van de perfecte cirkelbaan wordt vaak uitgerekend hoeveel procent het verschil is tussen de korte en de lange diameter van een ellips. Voor de aarde is dat minder dan 4%.

Omdat de aarde een ellipsbaan om de zon volgt is de afstand van de aarde naar de zon niet altijd gelijk. Op 3 januari staat de aarde het dichtst bij de zon (0,98 AE) en op 4 juli het verst weg (1,02 AE). Meestal beschouwen we de afstand van de aarde naar de zon als constant en nemen we het gemiddelde: 150 miljoen km.

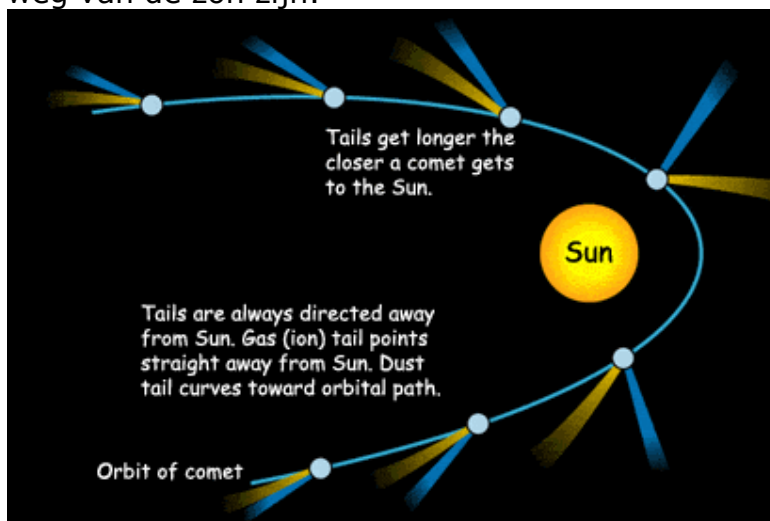


De ellipsbeweging van planeten om de zon is beschreven door Kepler. Bestudeer:

http://nl.wikipedia.org/wiki/Wetten_van_Kepler
<http://www.youtube.com/watch?v=GcKiG-CuvtA>



Kometen volgen ook een ellipsbaan om de zon, maar die ellips is zo uitgerekt dat ze het grootste deel van hun omlooptijd ver weg van de zon zijn.

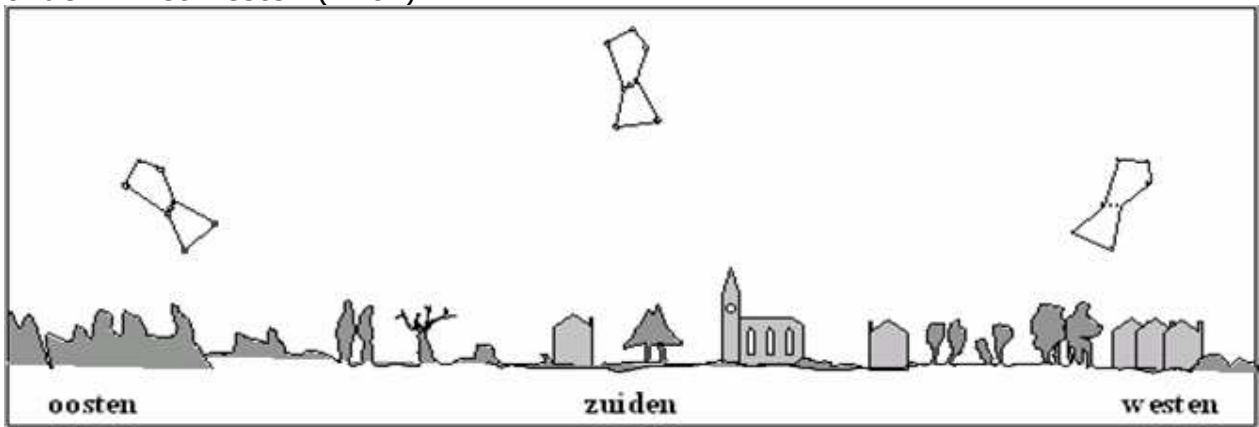


Opkomst in het Oosten

Omdat de aarde draait komen alle hemellichamen op in het Oosten en gaan onder in het Westen. De zon ook, maar omdat de aardas niet loodrecht op de ecliptica staat komt hij niet altijd precies in het oosten op. In Nederland komt hij soms in het noordoosten en soms in het zuidoosten op.

Met sterren is dat anders. De draaiing van de aarde om de zon heeft hier nauwelijks invloed op, omdat de sterren zoveel verder weg staan dan de zon. Daarom komen sterren altijd exact op dezelfde positie op en gaan ze ook exact op dezelfde plek onder onafhankelijk van de tijd van het jaar. Alleen het tijdstip van opkomst en ondergang verschilt in de loop van het jaar.

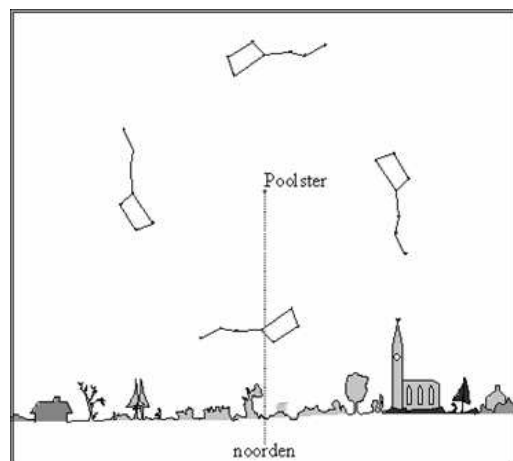
In de figuur hieronder zie je het sterrenbeeld Orion op verschillende momenten van de nacht getekend. Orion komt altijd pal in het oosten op (90°) en gaat onder in het westen (270°).



Sommige sterren gaan nooit onder. De Grote Beer (of het steelpannetje) is een sterrenbeeld dat om de Poolster heen draait. En daardoor nooit onder de horizon verdwijnt (in Nederland). In de figuur hiernaast zie je hoe de Grote Beer om de Poolster heen draait.

In welke richting?

De Grote Beer draait in 24 uur dus om de Poolster, dat is 15° per uur. Zo kun je de Grote Beer als klok gebruiken.



De Poolster is deel van een ander sterrenbeeld: de Kleine Beer, dat is ook een steelpannetje, maar veel minder helder dan de Grote Beer. Sterren en sterrenbeelden die nooit opkomen of ondergaan noemen we *circumpolair*. De Poolster is niet de helderste ster, hij staat 50^e in de lijst met heldere sterren. Hij is ook niet de dichtstbijzijnde ster. Er zijn er ruim 70 van de helderste 100 die dichtbij staan. Hij staat alleen toevallig recht boven de Noordpool (en dan nog niet eens precies recht boven de Noordpool, het scheelt $\frac{3}{4}^\circ$). Als je de aardas doortrekt kom je bij de Poolster uit. En omdat de aarde om haar as draait, lijkt het voor ons dat alle sterren om de Poolster draaien. Bovendien geeft de Poolster de richting van het noorden aan en kun je die dus gebruiken om je weg te vinden (met ongeveer $\frac{3}{4}^\circ$ verschil).

Er zijn ook sterren die wij in Nederland nooit zullen zien zoals bijvoorbeeld het Zuiderkruis. Die is op het Zuidelijk halfrond dan weer de hele nacht te zien. Dat is de reden dat het Zuiderkruis is opgenomen in de vlag van Australië en die van Nieuw Zeeland.

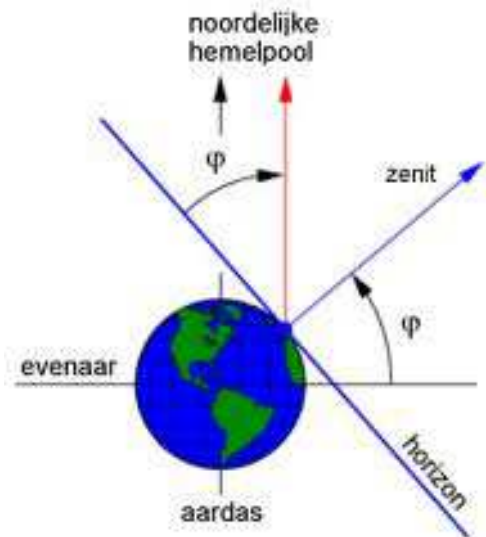
Poolshoogte

Omdat de Poolster min of meer recht boven de Noordpool staat wordt hij veel gebruikt bij navigatie.

Op de Noordpool staat de Poolster dus 90° boven de horizon. Op de evenaar staat de Poolster 0° boven de horizon en in Amsterdam staat de Poolster ongeveer 52° boven de horizon, hoek φ in de figuur. De hoogte boven de horizon komt dan precies overeen met het aantal graden

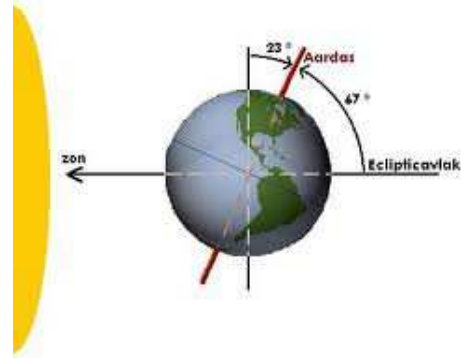
Noorderbreedte, de ander hoek φ in de figuur hiernaast. Dus door naar de Poolster te kijken en te meten hoe hoog hij staat, weet je hoe noordelijk je op de aarde bent. Dit heet poolshoogte nemen.

Zenit is het punt dat recht boven je staat.



Culminatiehoogte

De zon komt op in het Oosten en komt dan steeds hoger aan de hemel te staan, en in de middag zakt de zon weer naar de horizon en gaat onder in het Westen. De grootste hoogte die de zon op een dag bereikt noemen we de culminatiehoogte.



Op de evenaar is de culminatiehoogte altijd 90° .

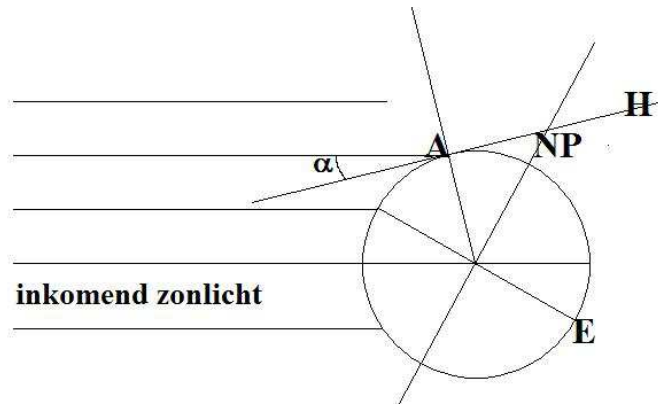
In Nederland is de culminatiehoogte afhankelijk van de tijd van het jaar. In de zomer is die veel hoger dan in de winter. Dit komt door de hoek van $67,5^\circ$ tussen de aardas en de ecliptica. In de figuur is die hoek afgerond op 67° .

In de figuur komt het zonlicht van links in evenwijdige stralen.

Punt A is Amsterdam, NP is de Noordpool, E is de evenaar en H is de horizon in Amsterdam.

Hoek α is de culminatiehoogte op deze dag.

De hoek tussen de evenaar en de lijn van het midden van de aarde naar A is 52° , dat is de Noorderbreedte van Amsterdam. De hoek tussen de evenaar en het inkomend zonlicht is in deze figuur $23,5^\circ$.



Opdrachten

11. A Hoe groot is de culminatiehoogte in de figuur op bladzijde 82?
B Leg uit of dit de situatie is in de zomer, winter, lente of herfst.
C Bereken de culminatiehoogte op de andere tijden van het jaar.
12. A De aarde draait in 23 uur en 56 minuten om haar as.
Leg uit waarom wij zeggen dat een dag 24 uur duurt.
B De aarde draait in 365,25 dagen om de zon.
Leg uit waarom wij zeggen dat een jaar 365 dagen duurt.
C Leg uit of de aardas op 21 juni naar de zon toegekeerd is of van de zon af. En op 21 december? En op 21 maart?
13. In de les hebben we de draaisnelheid op de evenaar berekend (blz. 76).
A Bereken de draaisnelheid van iemand in Amsterdam.
B Bereken de draaisnelheid van iemand op de Noordpool.

14. Stel dat Orion op 1 januari om 18.00 opkomt.
A Op welk tijdstip zal hij dan opkomen op 1 april?
B Op welk tijdstip zal hij dan opkomen op 1 juli?
15. De Poolster en de Grote Beer gaan nooit onder en staan altijd boven de horizon in Nederland.
Waarom kunnen wij hen toch niet altijd zien bij een onbewolkte hemel?
16. Leg uit waarom wij het Zuiderkruis nooit kunnen zien.
17. Sommige sterrenbeelden worden wintersterrenbeelden genoemd en andere zomersterrenbeelden.
Waarom zien we de wintersterrenbeelden alleen maar in de winter?
18. Wanneer hebben wij een schrikkeljaar?
19. Leg uit of de aarde, van boven de Noordpool gezien, met de klok mee of tegen de klok in draait.
20. Teken een cirkel met een diameter van 10 cm én teken een ellips met een afwijking van 5%, dat wil zeggen: korte diameter is 10 cm en lange diameter is 10,5 cm.
21. Leg uit waarom het op 3 januari niet warmer is dan op 4 juli. De aarde staat dan toch het dichtst bij de zon.
22. Gebruik: <http://hemel.waarnemen.com/>.
 - A. Waar komt de zon vandaag op en gaat hij onder? Zet die hoeken om in een windrichting.
 - B. Waar komt de zon op en gaat hij onder op 19 maart? Zet die hoeken om in een windrichting.
 - C. Waar komt de zon op en gaat hij onder op 21 juni? Zet die hoeken om in een windrichting.
 - D. Waar komt de zon op en gaat hij onder op 22 december? Zet die hoeken om in een windrichting.

§4 Planeten

Behalve de aarde draaien er nog planeten om de zon. Een aantal planeten is met het blote oog goed te zien en waren in de oudheid ook al bekend en werden door de Romeinen naar hun goden vernoemd. Tussen Mars en Jupiter draait een groot aantal stenen en wat gruis rond, dit is de asteroïden gordel en zijn de restanten van wat een planeet had kunnen zijn.

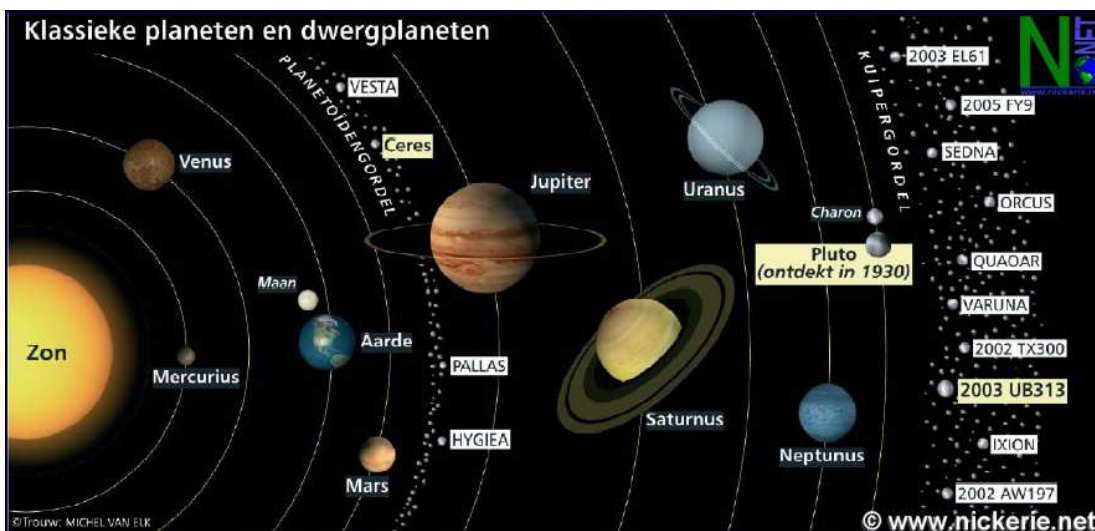
Indeling

De planeten kunnen op twee manieren ingedeeld worden. De planeten die dicht bij de zon staan dan de aarde noemen we de binnenplaneten en de planeten die verder weg staan noem we de buitenplaneten. Een andere indeling is op basis van de structuur van de planeet. De eerste vier planeten zijn klein en hebben een vaste structuur, dit worden de aardse planeten genoemd. De grote planeten hebben een gasvormige structuur en worden Joviaanse planeten genoemd.

Planeet of ster?

Op het eerste gezicht lijken de planeten op sterren: kleine lichtpuntjes in de nacht. Maar er zijn belangrijke zichtbare verschillen tussen planeten en sterren.

Sterren geven zelf licht en lijken te twinkelen. Planeten geven zelf geen licht, zij weerkaatsen het licht van de zon en twinkelen niet. Als je een ster met een normale telescoop bekijkt, zie je hem niet vergroot. Dat komt omdat hij zo ver weg staat dat hij niet vergroot kan worden door een normale telescoop. Een planeet kun je wel vergroten en dan zie je een ronde schijf zoals bij de maan. Planeten bewegen om de zon heen en daardoor bewegen zij ten opzichte van de sterren die veel verder weg staan. De planeten van Mercurius tot en met Saturnus zijn met het blote oog te zien, de Grieken en Romeinen kenden deze hemellichamen dan ook al. Uranus en Neptunus zijn pas veel later ontdekt toen er telescopen waren.



Afstand en grootte

Om je een idee te geven hoe groot die planeten zijn, staat hieronder een tabel met de planeten (en de zon) en hun afstand tot de zon, hun straal en hun massa (al deze waarden zijn bij benadering om in de opgaven makkelijkere antwoorden te krijgen).

Om beter te kunnen vergelijken is er achter elke kolom een lege kolom gemaakt. Hierin kun je aangeven:

- hoeveel keer verder weg die planeet van de zon afstaat (aantal x AE)
- hoeveel keer groter die planeet is dan de aarde (aantal x R_A)
- hoeveel keer zwaarder die planeet is dan de aarde (aantal x m_A).

Naam	afstand in miljoen km	Aantal x AE	straal in 1000 km	Aantal x R_A	massa in 10^{24} kg	Aantal x m_A
Zon	-	-	720		2 000 000	
Mercurius	60		2		0,3	
Venus	105		6		5	
Aarde	150		6		6	
Mars	225		4		0,6	
Jupiter	750		72		1800	
Saturnus	1500		60		600	
Uranus	3000		24		84	
Neptunus	4500		24		102	

Tijden

Hieronder volgt nog een tabel van de planeten met een aantal eigenschappen.

- De omlooptijd is de tijd die de planeet nodig heeft om één rondje om de zon te maken.
- De rotatietijd is de tijd die de planeet nodig heeft om één rondje om zijn eigen as te draaien.

Naam	omlooptijd	rotatietijd	valversnelling in m/s^2
Mercurius	88 dagen	59 dagen	3,7
Venus	225 dagen	-243 dagen	8,9
Aarde	365,25 dagen	23,93 uur	9,8
Mars	687 dagen	24,6 uur	3,7
Jupiter	12 jaar	10 uur	25
Saturnus	30 jaar	10,6 uur	10,5
Uranus	84 jaar	-17 uur	9
Neptunus	165 jaar	16 uur	11,2

Opgaven

23. Het woord planeet komt van het Griekse $\pi\lambda\alpha\nu\eta\tau\eta\varsigma$. Wat is de betekenis?
24. Zoek bij elke planeet op welke Romeinse god er bij hoort en waar hij/zij god van was.
25. Vul de tabel op de vorige bladzijde aan met bij elke planeet:
 - A. de afstand tot de zon in AE
 - B. de straal in R_A
 - C. de massa in m_A .
26. Is Pluto een planeet? Leg uit waarom wel of niet.
27. Bereken de maximale en de minimale afstand tussen Aarde en Mars.
28. Bereken hoe lang het licht er over doet om van de Zon naar Neptunus te gaan.
29. Model van het zonnestelsel
Stel dat je een model maakt van het zonnestelsel waarin de zon een grote skippybal is met een diameter van 120 cm.
 - A. Wat voor ballen (hoe groot) zou je dan kunnen gebruiken in dat model voor de aarde en Jupiter.
 - B. Hoe ver moet je die dan van de skippybal af neerleggen om het model op schaal te maken?
30. Planeten waarnemen
 - A. Welke twee planeten zijn het helderst en het makkelijkst te zien.
 - B. Leg uit waarom je in Nederland nooit een planeet aan de Noordelijke hemel kunt zien.
 - C. Leg uit waarom je Venus niet midden in de nacht kunt zien (en dus uitsluitend 's ochtends vlak voor zonsopkomst of 's avonds vlak na zonsondergang).

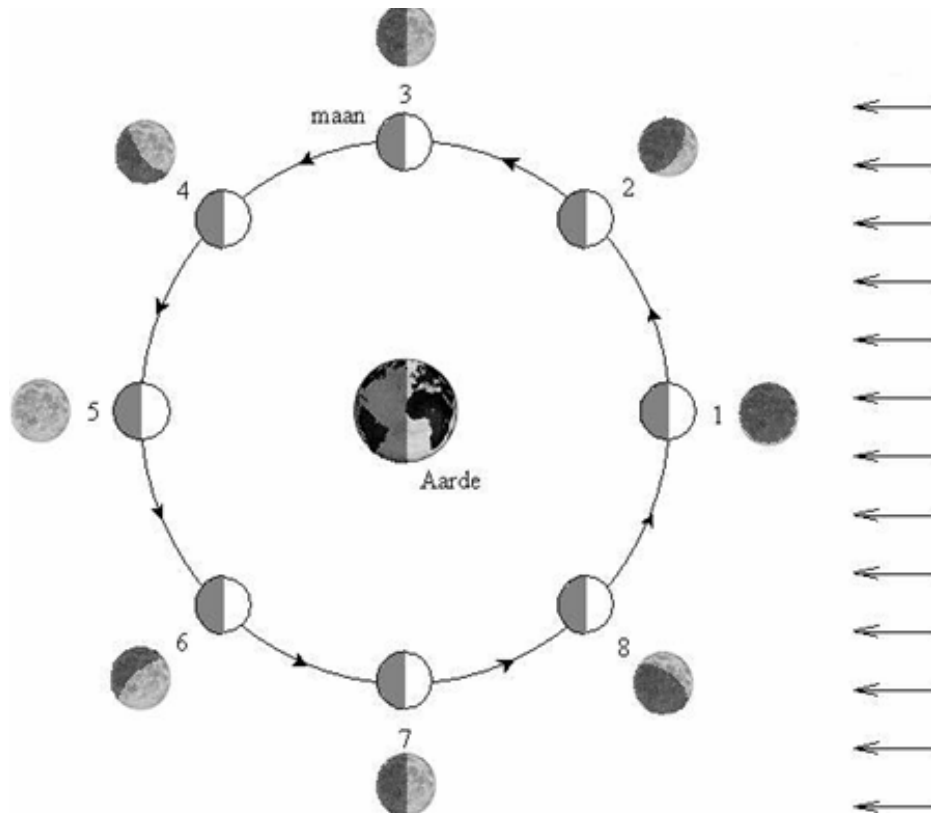
§5 De Maan

De maan draait om de aarde zoals de aarde om de zon draait. Dat wil zeggen zij draait om haar eigen as en ze draait in een grote cirkel om de aarde heen. De tijd voor deze twee draaiingen is nagenoeg gelijk: 27,3 dagen. Daarom zien wij altijd maar een kant van de maan. Wij noemen dat de voorkant.

De maan geeft zelf geen licht maar weerkaatst het licht van de zon. Omdat de maan veel dichterbij staat dan de planeten is de maan, na de zon, het helderste hemellichaam dat wij kunnen zien.

Wij zien echter niet altijd de hele maan. Soms zien we haar maar half, soms helemaal niet en soms zien we de volle maan. Dit noemen we de fasen van de maan.

Maanfasen

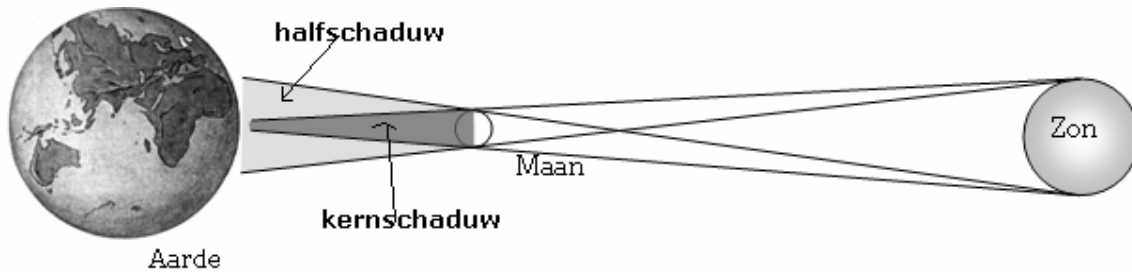


In de figuur zie je de fasen of schijngestalten van de maan. Het licht van de zon komt hier van rechts en beschijnt dus altijd het rechterdeel van de maan zoals in de binnenste cirkel wordt aangegeven.

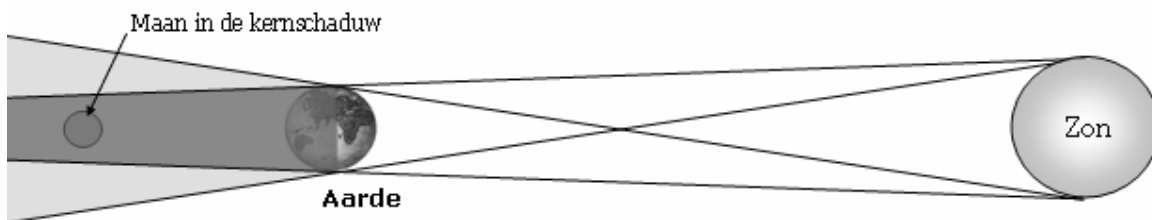
Vanaf de aarde zien wij de maan echter elke keer anders, dat wordt in de buitenste cirkel aangegeven. Dat noemen wij de schijngestalten van de maan. Bij 1 is het nieuwe maan en zien wij geen maan, bij 3 is het 1^e kwartier, bij 5 is het volle maan en bij 7 laatste kwartier.

Verduisteringen

Bij Nieuwe Maan staat de maan tussen de aarde en de zon in. Er kan dan een zonsverduistering optreden als de maan er precies tussenin staat zoals in de figuur hieronder. Een zonsverduistering ontstaat niet bij elke Nieuwe Maan.



Bij Volle Maan staat de aarde precies tussen de zon en de maan in. Er kan dan een maansverduistering optreden als de aarde er precies tussen staat zoals in de figuur hieronder. Een maansverduistering ontstaat niet bij elke Volle Maan.



Eb en vloed

De maan heeft ook invloed op de getijden op aarde. Kort gezegd komt het er op neer dat de maan een aantrekkende kracht uitoefent op het water van de oceanen. De watermassa op aarde puilt dan een beetje uit in de richting van de maan (vloed) en is wat lager in het midden (eb).

Als de zon en de maan op een lijn staan met de aarde is die aantrekkingskracht sterker en is er sprake van springvloed: de vloed komt hoger en de eb lager. Dit gebeurt dus bij Volle Maan.

Kalender

De bewegingen van de aarde om de zon (een jaar) en de maan om de aarde (een maand) vormen de basis voor onze kalender. Maar de bewegingen passen niet precies in onze kalender en daarom moest de kalender steeds aangepast worden.

Tegenwoordig is er redelijke overeenstemming tussen de astronomische tijd en de kalender tijd en moet er alleen af en toe een schrikkeljaar en een schrikkelseconde worden ingevoegd.

Opgaven



31. De achterkant van de maan wordt ook wel eens 'the dark side of the moon' genoemd.
- A. Hoe komt het dat wij alleen de 'voorkant' van de Maan zien?
 - B. Leg uit of het altijd donker is aan de achterkant van de maan?
32. De maan maakt in 27,3 dagen een rondje om de aarde. De tijd tussen twee opeenvolgende volle manen is 29,5 dagen. Leg dit verschil uit.
33. Verduistering
- A. Leg uit waarom er niet elke Nieuwe Maan een zonsverduistering is.
 - B. Leg uit waarom er niet elke Volle Maan een maansverduistering is.
 - C. Leg uit wat vaker voorkomt: een zons- of maansverduistering?
34. Schijngestalten van de maan
- A. Hoe ziet de maan er uit als het eerste kwartier is?
Teken de maan in die fase.
 - B. Hoe ziet de maan er uit als het laatste kwartier is?
Teken de maan in die fase.
 - C. Verklaar de begrippen 'kernschaduw' en 'bijschaduw'.
 - D. Hoe kun je onthouden wanneer het eerste en wanneer het laatste kwartier is?
 - E. Op welk moment van de dag zie je voornamelijk eerste kwartier?
 - F. Op welk moment van de dag zie je voornamelijk laatste kwartier?
35. Geef van onderstaande beweringen aan of je juist of onjuist zijn en motiveer je antwoord:
- A. In de lente duurt een dag even lang als een nacht.
 - B. Nieuwe Maan staat alleen overdag aan de hemel.
 - C. Planeten staan iedere dag op een andere plek aan de hemel.
 - D. In Stockholm (Zweden) gaat vandaag de Zon later onder dan in Amsterdam.
 - E. Sterren komen steeds op hetzelfde punt op.
 - F. Op de Noordpool van de Aarde kijkt draait de Maan met de klok mee.
 - G. De Maan beweegt langs de zuidelijke hemel van oost naar west.