

10

Hemellichamen



- 10.1 Ons zonnestelsel
 - 10.2 Tijd en seizoenen
 - 10.3 Natuurlijke fenomenen
- Opgaven

In dit hoofdstuk leer je hoe ons heelal ontstaan is en welke invloed dit heeft op het leven op aarde. Ook leer je welke invloed de stand van de zon, de aarde en de maan heeft op ons dag- en nachtritme (paragraaf 10.2), eb en vloed en de seizoenen (paragraaf 10.3).

Bijzonder fenomeen

Je kijkt op je smartphone en leest dat het een bijzondere dag wordt. Het is 2 juli 2019 en er is in Nederland eindelijk weer eens een gedeeltelijke zonsverduistering te zien. Althans als het bij jou in de buurt niet al te bewolkt is.

Op school wil iedereen in de klas die zonsverduistering toch echt graag zien. Gelukkig maakt de aardrijkskundeleraar tijd vrij om naar de zonsverduistering te kijken. Uiteindelijk zit iedereen klaar om het spektakel te bewonderen. Er zijn zelfs leerlingen die hun eigen eclips-bril hebben meegenomen. Toch jammer dat er zoveel bewolking is, daardoor valt er maar weinig te zien.

Online is de zonsverduistering gelukkig ook live te volgen. De technologie van tegenwoordig zorgt ervoor dat iedereen de beelden van de zonsverduistering alsnog te zien krijgt. Overal vind je mensen die zonsverduisteringen zo fascinerend vinden dat ze er speciaal een verre reis voor hebben gemaakt. Wat een bijzonder fenomeen is zo'n zonsverduistering toch. Iedereen houdt zijn adem in. Zelfs de dieren zijn muistil. De stilte is bijna onheilspellend. Niet gek dus dat er veel bijgeloof is door al die zonsverduisteringen door de eeuwen heen, legt de aardrijkskundeleraar uit. Fenomenen zoals zons- en maansverduisteringen blijven de nieuwsgierigheid en fantasie van de mens prikkelen.

10.1 Ons zonnestelsel

Zonnestelsel
Zonsverduistering
Maansverduistering
Heelal
Sterrenstelsel
Planeten

Een zonsverduistering, maansverduistering, het poollicht en vallende sterren zijn allemaal spannende fenomenen die beter te begrijpen zijn als je weet hoe het heelal en ons sterrenstelsel in elkaar zit. In de oudheid dacht men dat de zon, de maan en de planeten goddelijke krachten hadden. Daarom hebben onze planeten nu nog steeds namen die afgeleid zijn van Romeinse goden. Ook wist men destijds nog niet dat onze planeten zich in een baan om de zon bewegen. De term planeet is namelijk afgeleid van het Grieks en betekent zoiets als zwerfer of wandelende ster.

Vele duizenden jaren aan onderzoek hebben ons veel geleerd over het heelal. Daar waar de oude Grieken nog met het blote oog de sterrenhemel bestudeerden, hebben we nu observatoria, telescopen, ruimteraketten en meetinstrumenten waarmee we zelfs sterrenstelsels kunnen bestuderen die heel ver van ons verwijderd zijn. Onze zon en de planeten in ons eigen zonnestelsel bevinden zich dan nog relatief dichtbij. Ons zonnestelsel is echter maar een heel klein onderdeel van het grote melkwegstelsel dat naar schatting uit ongeveer 200-400 miljard sterren bestaat.

Zonnestelsel
Melkwegstelsel
Sterrenstelsel

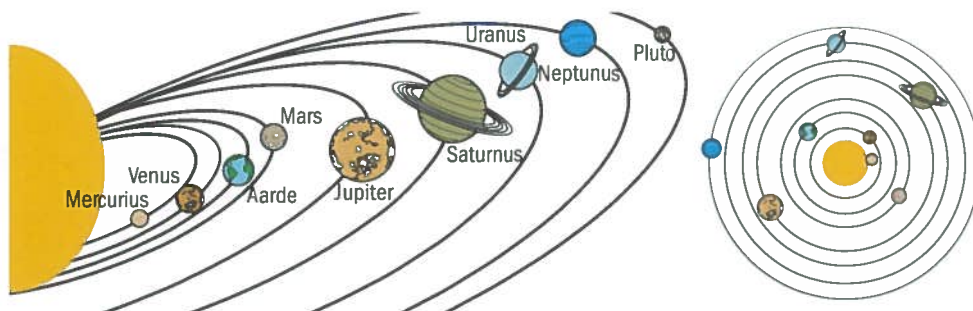
Ons eigen zonnestelsel is dus lang niet het enige sterrenstelsel in het heelal. De sterren uit andere sterrenstelsels staan nog veel verder weg van ons dan onze eigen zon. Onderzoek naar deze sterrenstelsels levert ons telkens weer nieuwe informatie op, zodat we het ontstaan van ons eigen heelal, ons sterrenstelsel en onze eigen aarde steeds beter leren begrijpen.

Sterren en planeten

De zon vormt het middelpunt van ons zonnestelsel. Om deze ster draaien acht planeten, waarvan onze eigen aarde er één is. Op volgorde van de afstand van de zon zijn die acht planeten: Mercurius, Venus, Aarde, Mars, Jupiter, Saturnus, Uranus en Neptunus (zie figuur 10.1). Tot voor kort eindigde dit rijtje nog met Pluto (de negende planeet), maar sinds 2006 is Pluto niet langer ingedeeld in de categorie planeten, maar in de categorie dwergplaneten. Figuur 10.1 geeft een behoorlijk vertekend beeld van de afstanden tussen de zon, de planeten en de lege ruimte in ons zonnestelsel. Als de zon ongeveer zo groot zou zijn als een grapefruit, dan is de grootte van de aarde vergelijkbaar met een peperkorrel. De afstand tussen de grapefruit en peperkorrel moet dan 15 meter zijn om het zonnestelsel op schaal weer te geven. Denk je dat je de peperkorrel nog kunt zien op 15 meter afstand?

Sterren
Planeten
Zon
Ster
Aarde

FIGUUR 10.1 Ons zonnestelsel



Volgens de oerknaltheorie, ook wel 'big bang theory' genoemd, is ons heelal miljarden jaren geleden ontstaan tijdens een enorme hete ontploffing. Na deze enorme knal zijn (elementaire) deeltjes heel langzaam samen gaan klonteren en hebben zich sterren en planeten gevormd. Eén van deze sterren is onze eigen zon. Deze ster is eigenlijk een enorme kernreactor die zo heet is dat hij allerlei vormen van (elektromagnetische) straling uitzendt, waaronder ultraviolet licht (UV), zichtbaar licht en infraroodlicht (IR). Uit een ring van deeltjes rondom onze hete zon ontstonden daarna de verschillende planeten. Dat is ook de reden dat alle planeten in één baan om onze zon heen draaien en ook nog eens allemaal in dezelfde richting. De onderlinge aantrekkingskracht zorgt ervoor dat de planeten ook steeds in ongeveer dezelfde baan om de zon heen bewegen.

Vanaf de planeet aarde bekeken is de zon de dichtstbijzijnde ster. Licht van de zon doet er ongeveer acht minuten over om onze ogen te bereiken. Andere sterren bevinden zich alweer veel verder weg. Het licht dat we waarnemen van de eerstvolgende sterren die we na onze zon tegenkomen (Alpha Centauri en Proxima Centauri) heeft er alweer meer dan vier lichtjaar over gedaan om onze ogen te bereiken. Een lichtjaar is de afstand die licht in het luchtledige of ook wel vacuüm kan afleggen in de periode van één (aards) kalenderjaar.

Oerknaltheorie

Aantrekkingskracht

Lichtjaar
Luchtledige
Vacuüm

VOORBEELD 10.1

De eerste ster

De ster Alpha Centauri is ongeveer 4,3 lichtjaar van ons verwijderd. We kunnen nu berekenen hoe ver dit precies is, aangezien we de snelheid van het licht kennen. Licht kan zich in de ruimte (vacuüm, luchtledig) met een snelheid van $3,0 \times 10^8$ m/s verplaatsen. In een jaar zitten 31.536.000 seconden (365 (dagen) \times 24 (uur) \times 60 (minuten) \times 60 (seconden)). De afstand die het licht in een jaar aflegt, is dan ook 9.460.800.000.000.000 meter ($31.536.000 \times 3,0 \times 10^8$), ofwel 9,5 biljoen kilometer. De afstand van de aarde tot Alpha Centauri is dus meer dan 40 biljoen kilometer. Een van de snelste raketten die op dit moment gebouwd zijn, doet over zo'n afstand toch zeker nog langer dan 10.000 jaar en zelfs al zouden we een raket kunnen bouwen die met kernenergie wordt aangedreven dan nog kost een enkele reis waarschijnlijk ongeveer een mensenleven. Voordat we dit soort reizen kunnen maken, is er nog wel wat nieuwe technologische ontwikkeling nodig. *Let op: een lichtjaar heeft dus geen eenheid van tijd, maar van afstand.*

Warmtestraling

In ons zonnestelsel staat de planeet Mercurius erg dicht bij de zon. Mercurius heeft bovendien geen dampkring (atmosfeer) om zich tegen de warmtestraling van de zon te beschermen. Daardoor kan de temperatuur tijdens de nacht rustig dalen tot -180 °C en overdag oplopen tot boven de 400 °C. De twee ijsreuzen Neptunus en Uranus daarentegen zijn zo ver van de zon verwijderd dat het er standaard ongeveer -200 °C is. Gelukkig zijn de omstandigheden op aarde zo, dat we er prima kunnen leven. De aarde is precies ver genoeg van de zon verwijderd, zodat het niet te heet en te koud wordt. Onze dampkring helpt ons hierbij (zie hoofdstuk 9).

Qua samenstelling lijken de planeten Mercurius, Venus, aarde en Mars erg op elkaar. Deze planeten zijn relatief klein en hebben een kern van steen en allerlei metalen. Ze worden dan ook wel aardse planeten genoemd. De andere vier planeten worden ook wel reuzeplaneten genoemd. De planeten Jupiter en Saturnus zijn enorme gasreuzen zonder vast oppervlak en een vloeibare kern.

De goden uit de oudheid hebben veel invloed gehad op de namen van de planeten. Zo herken je in veel talen bij de dagen van de week nog de namen van de Romeinse goden en planeten. Vooral in het Frans is dit heel duidelijk te zien (mardi – Mars, mercredi – Mercurius, vendredi – Venus, samedi – Saturnus). De zeven dagen van de week zijn allemaal vernoemd naar de zeven hemellichamen (zon, maan en vijf planeten) die men destijds met het blote oog kon waarnemen. Ook in het Nederlands is de link tussen de oude goden, de namen van de planeten en de namen van de dagen van de week nog steeds zichtbaar, maar dan zijn de namen van de Germaanse goden gebruikt.

Hemellichamen

10.2 Tijd en seizoenen

Seizoenen

Dag- en nachtritme

Zonsopkomst

Zonsondergang

De beweging van onze aarde rondom de zon is van grote invloed op tijdsrekening en onze seizoenen. Onze tijdsrekening is veelal gebaseerd op de bewegingen van de verschillende hemellichamen in ons zonnestelsel. Zo wordt ons dag- en nachtritme nog altijd grotendeels bepaald door de zonsopkomst en de zonsondergang.

10.2.1 Dag- en nachtritme

De reden dat we een dag- en nachtritme hebben, wordt veroorzaakt doordat de aarde in een dag (24 uur) eenmaal om zijn eigen aardas draait. Daardoor zien we 's ochtends de zon opkomen in het oosten en 's avonds de zon ondergaan in het westen. Van boven de Noordpool af bekeken, draait de aarde tegen de klok in. Woon je op het noordelijk halfrond, dan staat de zon tegen de middag in het zuiden. Woon je echter op het zuidelijk halfrond, dan draait de zon van het oosten, via het noorden naar het westen.

De beweging van de aarde rond de zon en de stand van de aarde bepalen de zonsopkomst en zonsondergang op de verschillende locaties op aarde. De aardas loopt van de geografische noordpool naar de geografische zuidpool. Deze aardas maakt een hoek van ongeveer 23 graden ten opzichte van zijn baan rondom de zon. Deze hellingshoek zorgt ervoor dat de zon niet overal op dezelfde manier invalt en daarom verschilt het tijdstip van zonsopkomst en zonsondergang en dus ook de daglengte. Ook hebben we daardoor seizoenen (zie figuur 10.2).

Dag- en nachtritme

Aardas
Noordelijk halfrond

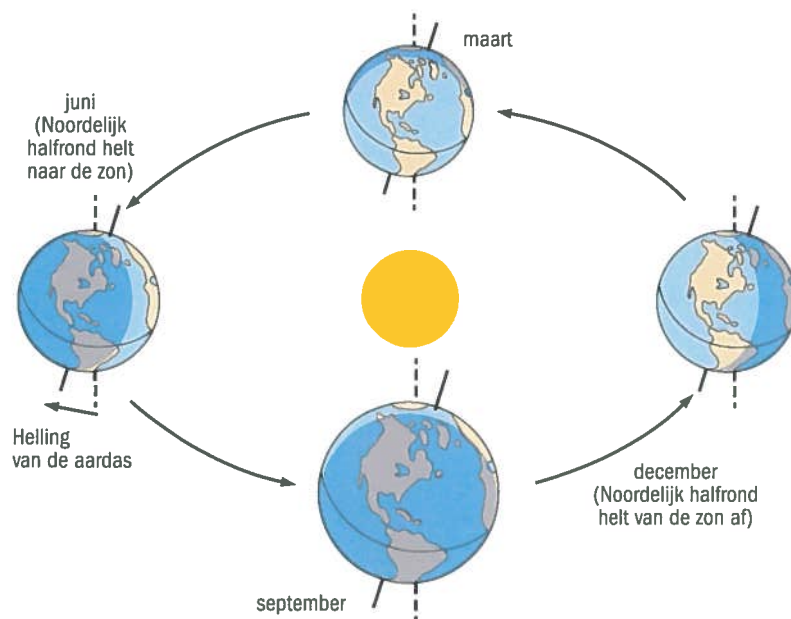
Zuidelijk halfrond

Beweging van de aarde

Daglengte

10

FIGUUR 10.2 De helling van de aardas veroorzaakt dag- en nachtritme en seizoenen



10.2.2 Seizoenen

In veel gebieden op aarde (vooral met gematigd klimaat boven en onder de evenaar) hebben we vier seizoenen die elk ongeveer drie maanden duren: lente, zomer, herfst en winter. Dit worden ook wel jaargetijden genoemd.

In de zomer hebben we op het noordelijk halfrond langer zonlicht en staat de zon hoger aan de hemel, waardoor het warmer is. Het noordelijk halfrond krijgt op dat moment door de kanteling van de aardas meer zon. In de winter is de tijd tussen zonsopkomst en zonsondergang korter en staat de zon ook minder hoog aan de hemel. Het is dan ook kouder, omdat de warmtestraling van de zon over een groter aardoppervlak verdeeld wordt

Seizoenen

(zie ook hoofdstuk 9). Het zuidelijk halfrond krijgt op dat moment meer zon, waardoor het daar dan juist zomer is.

VOORBEELD 10.2

Schaduwvormen

Als je gedurende het hele jaar je eigen schaduw in de gaten houdt, dan kun je het effect van de helling van de aardas bestuderen. Bekijk je op steeds dezelfde locatie en op dezelfde tijdstippen je eigen schaduw, dan zul je zien dat de lengte van je schaduw varieert. Belangrijk: het is de stand van de aarde ten opzichte van de zon die dit effect veroorzaakt, niet alleen de stand van de zon.

10.2.3 Maanden en jaren

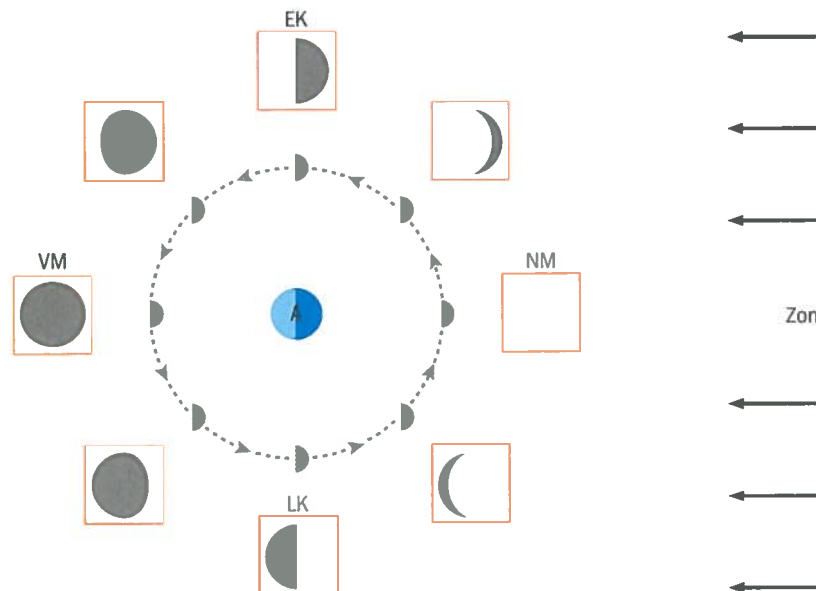
Maan

Veel planeten hebben één of meer manen die rondom de planeet cirkelen. Deze hemellichamen geven zelf geen licht, maar licht van sterren kan wel door een maan weerkaatst worden. Daardoor kunnen we deze hemellichamen toch (gedeeltelijk) zien. De omlooptijd van onze eigen maan heeft uiteindelijk de periode bepaald die wij nu maand noemen. Dit is ongeveer gelijk aan de tijd die onze maan nodig heeft om één keer volledig om de aarde heen te draaien.

Fasen van de maan

Al heel lang geleden wist men 'maanden te tellen' door de schijngestalten van de maan in de gaten te houden. Deze fasen van de maan zijn: volle maan, eerste kwartier, nieuwe maan en laatste kwartier (zie figuur 10.3).

FIGUUR 10.3 Fasen van de maan



Deze fasen of schijngestalten van de maan kunnen worden omschreven door het deel van de maan dat wij kunnen zien en door de zon beschenen wordt (en dus zichtbaar is, aangezien de maan zelf geen lichtbron is, net als planeten). Tijdens volle maan is de maan volledig zichtbaar. Vervolgens wordt een deel van de voor ons zichtbare maan niet meer door de zon beschenen (de zon belicht een gedeelte van de maan dat voor ons niet zichtbaar is). Dit wordt eerste kwartier genoemd. Na het eerste kwartier wordt steeds minder van het voor ons zichtbare deel van de maan verlicht door de zon, totdat de maan nagenoeg niet meer zichtbaar is voor ons. Hierbij spreekt men van nieuwe maan. Na nieuwe maan volgt het laatste kwartier en uiteindelijk wordt het weer volle maan. Een maand kan dan ook bepaald worden als de periode tussen twee volle manen.

De periode waarin de maan om de aarde draait (ongeveer 28 dagen) is iets korter dan de meeste maanden die 30 of 31 dagen duren (uitgezonderd februari). Dit heeft nog te maken met de kalender van de Romeinen. Om precies op 12 maanden in een jaar uit te kunnen komen, heeft men de maanden net iets langer gemaakt dan de periode van de maansomloop. We zien trouwens steeds dezelfde kant van de maan, omdat de maan in een maand ook weer één keer om zijn eigen as draait.

De periode van een jaar is bepaald als de tijd die de aarde nodig heeft om één keer volledig rondom de zon te draaien. Ons jaar (365 dagen) is net iets korter dan het echte zonnejaar. Het zonnejaar duurt namelijk ongeveer $365 \frac{1}{4}$ dag. Paus Gregorius XIII corrigeerde dit met behulp van de invoering van een schrikkeljaar. Tijdens een schrikkeljaar (meestal eens in de vier jaar) heeft februari niet 28 maar 29 dagen, waardoor het zonnejaar en ons kalenderjaar parallel blijven lopen.

Schijngestalten
van de maan

Nieuwe maan
Volle maan

Maansomloop

Zonnejaar

Schrikkeljaar

10

10.3 Eb en vloed, zons- en maansverduistering

Soms kunnen er spannende fenomenen ontstaan doordat de aarde om de zon draait, maar de maan ook tegelijkertijd weer om de aarde heen draait. Zo kan er bijvoorbeeld een maansverduistering of een zonsverduistering optreden. Maar ook de getijden (eb en vloed) worden veroorzaakt door de onderlinge aantrekkingskracht tussen zon, aarde en maan (die ook de banen van de aarde en de maan bepalen). Het is hoofdzakelijk de onderlinge aantrekkingskracht tussen de maan en de aarde die ervoor zorgt dat het ongeveer elke 12 uur een keer eb en vloed is. Bij vloed is de waterstand veel hoger dan bij eb.

Zons- en maansverduisteringen komen best vaak voor, maar het is heel bijzonder om een volledige zonsverduistering mee te kunnen maken. Deze is namelijk – in tegenstelling tot een maansverduistering – maar op een klein deel van de aarde waar te nemen.

Bij een maansverduistering staan de zon, de aarde en de maan op één lijn, met de aarde middenin. Daardoor wordt het zonlicht dat normaal gesproken de maan zou belichten geblokkeerd door de aarde (zie figuur 10.4).

Maansverduistering

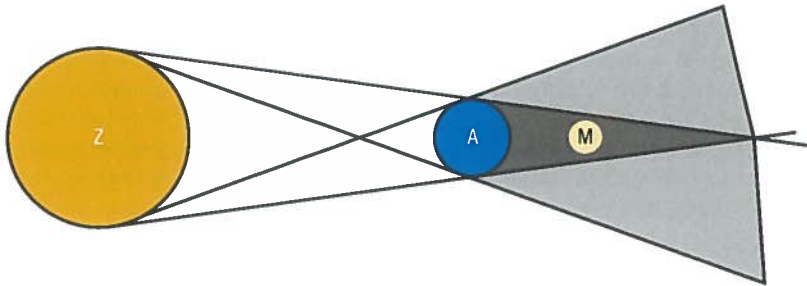
Zonsverduistering

Getijden

Eb en vloed

Aantrekkingskracht

FIGUUR 10.4 Maansverduistering



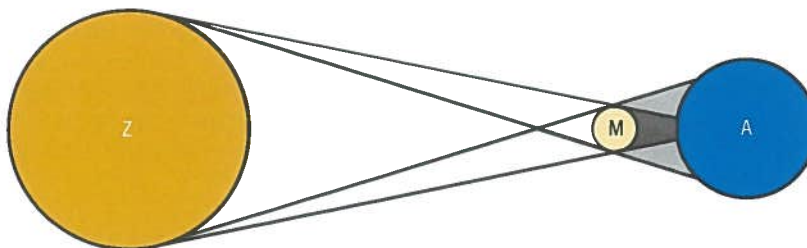
De maan bevindt zich tijdens een totale maansverduistering volledig in de kernschaduw van de aarde. Op alle locaties op aarde, waar de maan normaal gesproken zichtbaar is, is dan ook een maansverduistering waar te nemen. Dit gebeurt gemiddeld eens in de tweeëneenhalf jaar en altijd als het volle maan is. Niet iedere volle maan zorgt echter voor een totale maansverduistering. Voor een maansverduistering moeten de zon, de aarde en de maan namelijk exact op één lijn komen te staan.

Bij een maansverduistering kun je de maan soms toch nog zien. De vage rode kleur van de maan die je tijdens een maansverduistering nog kunt waarnemen, wordt veroorzaakt door rood licht van de zon, dat via de aardatmosfeer afgebogen wordt en alsnog de maan kan bereiken.

Kernschaduw**Zonsverduistering****Eclips**

Een zonsverduistering (ook wel eclips of zon-eclips) wordt veroorzaakt doordat er overdag een hemellichaam tussen de zon en de aarde in schuift. Meestal is dit onze eigen maan (zie figuur 10.5), maar soms kan de planeet Mercurius er bijvoorbeeld voor zorgen dat een deel van de zon verduisterd wordt. Dit is dan te zien als een kleine zwarte vlek.

FIGUUR 10.5 Zonsverduistering



Uit figuur 10.5 blijkt ook waarom een totale zonsverduistering altijd maar op een klein deel van de aarde kan worden waargenomen. Dat is namelijk het deel waarbij de maan zorgt voor kernschaduw op aarde. Een gedeeltelijke zonsverduistering kan verder worden waargenomen in de halfschaduw. Zonsverduisteringen zijn goed te voorspellen en komen vaak tweemaal per jaar voor, soms ook net iets vaker. Afhankelijk van de locatie op aarde en de stand van de drie hemellichamen kun je een totale zonsverduistering, een gedeeltelijke zonsverduistering als ook een ringvormige zonsverduistering zien.

Halfschaduw

Door figuur 10.3 en figuur 10.5 goed te bekijken, wordt ook duidelijk waarom een zonsverduistering alleen plaatsvindt als het nieuwe maan is. De maan moet dan namelijk tussen de zon en de aarde in staan, waardoor het zonlicht op de voor ons niet zichtbare (achter)kant van de maan valt. In maart 2015 was de zonsverduistering in Nederland vaak slecht te zien door alle bewolking, maar in Italië had men meer geluk. Daar konden mensen ongeveer twee uur lang genieten van dit prachtige fenomeen. Figuur 10.6 laat het schematische verloop van de zonsverduistering in Italië zien.

FIGUUR 10.6 Verloop zonsverduistering in Italië op 20 maart 2015



Opgaven

Zoals je in de inleiding hebt kunnen lezen, zijn de meerkeuzevragen uit de toelatingstoets altijd te vertalen naar een of twee (en soms zelfs drie) open vragen. Dit helpt bij het beantwoorden van de vraag. Om hiermee te oefenen is de eerste vraag van elke set oefenopgaven een toetsvraag met uitwerking.

10.1 Uitwerkte toetsopgave Het melkwegstelsel

In onderstaande figuur zie je het melkwegstelsel. Op een heldere avond is er veel te zien. Welke hemellichamen zijn goed zichtbaar en kun je herkennen als enorm heldere puntjes?

- a Sterren en kometen
- b Sterren en manen
- c Sterren en planeten
- d Alleen sterren

FIGUUR 10.7 Het melkwegstelsel



Analyse van de vraag

De aanpak van deze vraag kun je opsplitsen in twee onderdelen:

- 1 Wat is het verschil tussen sterren, planeten, kometen en manen?
Sterren zijn lichtbronnen, onze zon is bijvoorbeeld een ster.
Planeten zijn zelf geen lichtbron, zijn soms vast of gasvorming; licht van een zon kan wel reflecteren op het oppervlak van een planeet.

Kometen zijn zelf geen lichtbron, bestaan veelal uit ijs, stof en gas en kunnen een zichtbare komeetstaart krijgen als ze te dicht bij een zon komen. Manen zijn zelf geen lichtbron, bestaan veelal uit rotsachtig materiaal; licht van een zon kan wel reflecteren op oppervlak van een maan.

- 2 Welke conclusie kun je hieruit trekken met betrekking tot de zichtbaarheid van sterren, planeten, kometen en manen?

Antwoord **d** moet dus juist zijn. Alleen sterren zullen als heldere lichtbronnen aan de hemel te zien zijn. Planeten en manen zijn zelf geen lichtbron en zijn dus een stuk minder helder dan sterren zelf. Van een komeet zien we hoogstens zijn staart als deze te dicht bij een zon komt.

- 10.2** Leg uit hoe de periodes van een dag, een maand en een jaar tot stand zijn gekomen. Welke invloed heeft de beweging van de hemellichamen in ons zonnestelsel op deze tijdseenheden gehad?
- 10.3** Noem de acht planeten in ons zonnestelsel (ezelsbrug). Maak nu een schets van ons zonnestelsel.
- 10.4** Waarom is er op aarde wel leven mogelijk, maar op veel andere planeten niet?
- 10.5** Wat is de afstand van de zon tot de aarde als licht er ongeveer acht minuten over doet om van de zon onze aarde te bereiken?
- 10.6** Leg uit waarom we op een groot deel van de aarde seizoenen hebben waar het weer varieert. Welke rol speelt de zon hierbij?
- 10.7** Maak een tekening van de stand van de zon vanaf zonsopkomst tot zons-
ondergang verloopt. Welk detail hangt af van waar je woont op aarde?
- 10.8** Wat is de invloed van de zon, de aarde en de maan op eb en vloed? Hoe vaak per dag komt eb en vloed voor?
- 10.9** Bij springtij of springvloed staat het water nog veel hoger dan tijdens de normale getijden. Hoe denk je dat dit komt?
- 10.10** Bij welke schijngestalte van de maan treedt maansverduistering op en waarom? Maak voor jezelf een schets waarin de zon, de maan en de aarde zichtbaar zijn tijdens een maansverduistering.
- 10.11** Leg uit waarom de maan juist een vage rode kleur krijgt tijdens een maansverduistering. Waarom is de maan dan niet groen of blauw?
- 10.12** Bij welke schijngestalte van de maan treedt zonsverduistering op en waarom? Maak voor jezelf een schets waarin de zon, de maan en de aarde zichtbaar zijn tijdens een zonsverduistering.
- 10.13** Leg uit waarom het op Mercurius (en veel andere planeten zonder dampkring) ontzettend stil is.
- 10.14** Wat denk je dat er gebeurt als je een vallende ster ziet?