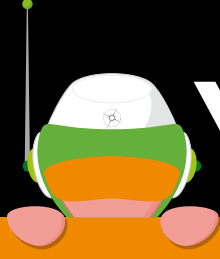


NOVALAB



GEEF STERRENKUNDE DE RUIMTE!

ONDERZOEK DE ZON



NOVALAB

Thema: Licht

Titel: Onderzoek de zon

Deze NOVALab-oefening moet je in ongeveer twee of drie lessen kunnen maken. De oefening geeft je inzicht in het onderzoek van licht, een belangrijk onderdeel van de sterrenkunde. NOVALab houdt rekening met het niveau dat je op dit moment hebt. Je zult merken dat je veel meer aankunt dan je denkt!

Als je deze oefening hebt gemaakt dan heb je veel geleerd over sterrenkundig onderzoek aan het licht van sterren.

NOVALab legt je eerst uit wat je gaat leren. Dit noemen we de wetenkaart. Na afloop controleer je of het gelukt is. Veel plezier!

DE WETENKAART

Aan het einde van de oefening weet je

- iets van de geschiedenis van het onderzoek van licht;
- wat een lichtspectrum is;
- hoe het zonnenspectrum eruit ziet;
- wat een emissiespectrum is;
- wat een absorptiespectrum is;
- wat dit betekent voor het onderzoek van licht;
- hoe we bij sterren dit kunnen onderzoeken;
- dat je zelf zonlicht kunt onderzoeken.



COLOFON

© NOVA, www.astronomie.nl

NOVALab is een initiatief van het NOVA Informatie Centrum en bedoeld voor klas drie en hoger van het Voortgezet Onderwijs.

ISBN: 978-94-90-496-01-2

tekst: J. Vreeling

eindredactie: M. Baan, E. Echternach

boekontwerp: 2can Design, T.C. Schepman

illustraties: 2can Design, T.C. Schepman / S.-F. van Waijenburg

opmaak: 2can Design, S.-F. van Waijenburg

COPYRIGHT

Op de onderwijsmaterialen in deze reeks rust copyright. Het materiaal mag worden gebruikt voor niet-commerciële toepassingen. Het is niet toegestaan het materiaal, of delen daarvan, zonder toestemming op een of andere wijze openbaar te maken. Voor zover er gebruik is gemaakt van extern materiaal proberen wij toestemming te verkrijgen van eventuele rechthebbenden. Mocht u desondanks van mening zijn dat u rechten kunt laten gelden op materiaal dat is gebruikt, dan verzoeken wij u contact op te nemen met het NOVA Informatie Centrum: nova@astronomie.nl

Foto binnenkant cover

De zon op 2 november 2003,

gefotografeerd met de Dutch Open Telescope (DOT).

A stylized sun graphic with a dark grey circular center and numerous sharp, triangular rays radiating outwards, set against a black background.

ONDERZOEK DE ZON

DE GESCHIEDENIS VAN HET ONDERZOEK NAAR DE RELATIE TUSSEN KLEUR EN LICHT



ISAAC NEWTON

Het onderzoek van licht is al minstens 2000 jaar oud. Al in de Griekse beschaving begonnen onderzoekers zich af te vragen hoe het komt dat al die kleuren bestaan. Wat hebben kleur en licht met elkaar te maken? Ook weten we van die tijd dat er over de regenboog werd nagedacht. Voor de vorm had men wel een verklaring, maar voor de kleuren niet.

In de zeventiende eeuw (onze Gouden Eeuw) wisten onderzoekers dat je met een driehoekig prisma van glas het zonlicht prachtig uiteen kon laten vallen in de kleuren van de regenboog.

Isaac Newton begon rond 1670 te experimenteren met zonlicht. Hij liet door een gaatje in zijn vensterluik wit zonlicht op een prisma schijnen. De kleuren die dan uit het prisma komen, zitten in het zonlicht. Zoals bij veel ontdekkingen was het bewijs heel erg simpel. Toen Newton de kleuren door een volgend glazen prisma liet gaan, kwam daar weer wit zonlicht uit. Newton noemde deze kleurenband als eerste 'spectrum'.

Christiaan Huygens heeft in dezelfde periode onderzoek gedaan naar de aard van licht. Hij kwam in 1690 tot de uitspraak dat licht een golfverschijnsel is. Dat idee is nog steeds de basis van het onderzoek van licht.

Het onderstaande plaatje komt uit het boek over licht van Huygens uit 1690:



Vanuit de punten A, B en C zie je cirkels de kaars verlaten. De cirkels geven de toppen van de golf weer. Zo kun je de golflengte bepalen. Het zou nog 100 jaar duren voordat zijn ideeën werden aanvaard en het begrip golflengte werd afgesproken.

Bijna 150 jaar later experimenteerde een Duitse lenzenmaker, **Joseph von Fraunhofer**, met een glazen prisma. Hij monteerte dat prisma voor een telescoop. Hij zag toen hetzelfde spectrum als Newton, maar ontdekte in de kleurenband allerlei donkere lijntjes. Fraunhofer besloot deze merkwaardige lijntjes te onderzoeken en had er in 1815 al 574 ontdekt.

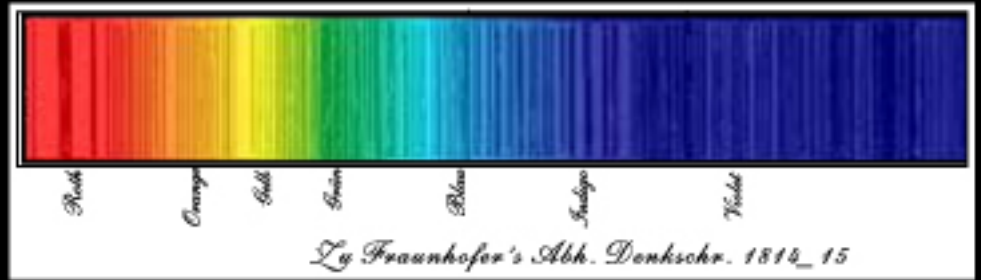
Tot zijn verbazing ontdekte hij dat als hij de telescoop met het prisma, die we vanaf nu een spectroscop zullen noemen, op de heldere ster Sirius richtte, een spectrum te zien was. Maar... de lijntjes zaten op andere plaatsen dan in het spectrum van de zon.



CHRISTIAAN HUYGENS



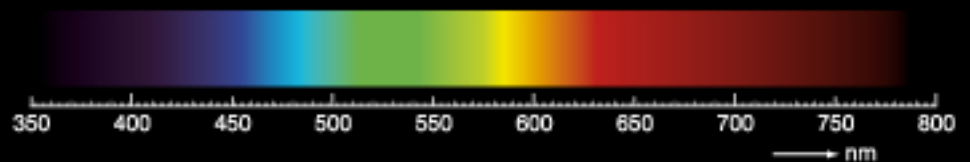
DE TELESKOOP VAN
FRAUNHOFER



HET SPECTRUM MET DE LIJNTJES

In deze oefening gaat het over de lijntjes in het spectrum. Deze lijntjes vertellen ons namelijk iets over welke elementen er in de zon (en andere sterren) zitten.

Hieronder zie je opnieuw een kleurspectrum van wit licht:



Opdracht 1.

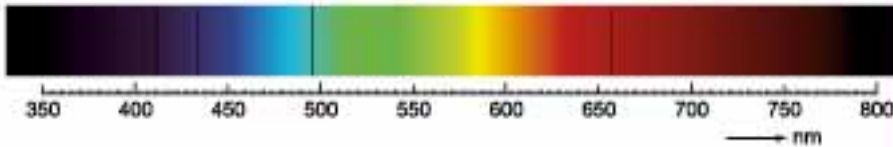
Schrijf twee verschillen op tussen het kleurspectrum van wit licht en het spectrum van Joseph von Fraunhofer.



Een van de opvallende verschillen is de horizontale lengteschaal die de golflengte van het licht aangeeft.

In het rood staat de golflengte 700 nm. Dat "nm" betekent nanometer. Een nanometer is veel kleiner dan een meter. Een nanometer is namelijk 0,000000001 meter (een miljardste meter).

Opdracht 2.



In dit spectrum zie je weer die mysterieuze zwarte lijntjes. Het eerste lijntje (in het paars) zit bij ongeveer 412 nm. Maak een lijstje waarbij je de kleur opschrijft waarin het streepje staat en het getal dat eronder staat.

golflengte (nm)	kleur

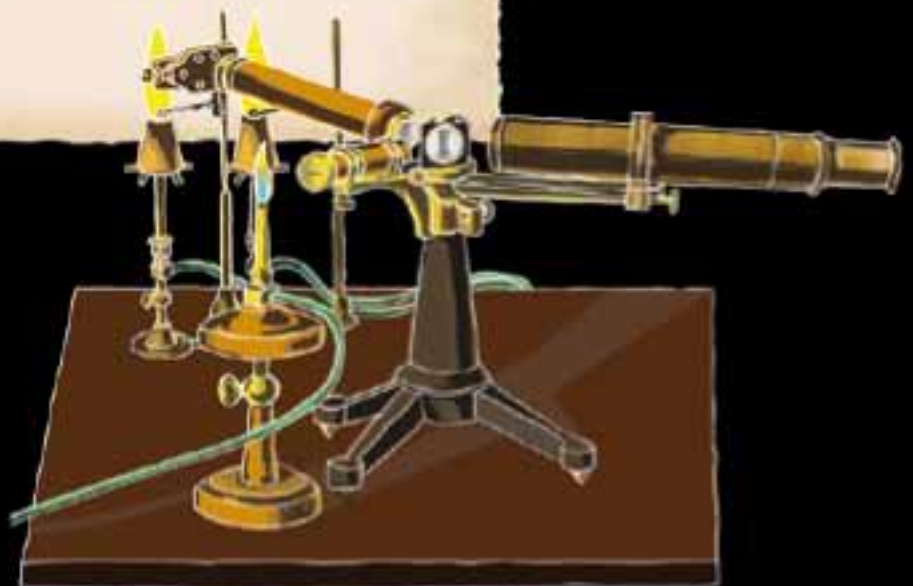
HET VERHAAL VAN DE LIJNTJES

Rond 1860 ontdekten twee Duitse natuurkundigen, Gustav Kirchhoff en Robert Bunsen, het verhaal achter de lijntjes in het spectrum.

Ze hadden samen een spectroscop gebouwd, waarmee ze in een laboratorium gloeiende gassen bekeken. Daarbij zagen ze dat elk gas zijn eigen lichtende kleurlijntjes had.

Deze lijntjes zaten op dezelfde plaatsen - bij dezelfde golflengtes dus - als de donkere lijnen die Fraunhofer had ontdekt.

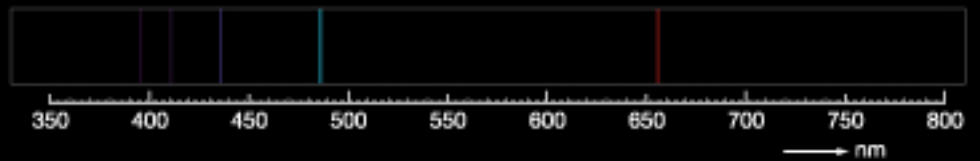
De verklaring die ze hiervoor wisten te geven, betekende een enorme doorbraak in de sterrenkunde.



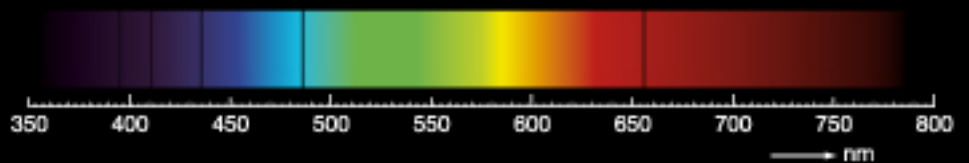
DE SPECTROSCOOP
VAN KIRCHHOFF/BRUNSE

Een voorbeeld.

Als we waterstofgas enorm gaan verwarmen, gaat het uiteindelijk licht geven. Als we dat licht met een spectroscop bekijken, zien we het volgende:



We zien oplichtende lijntjes op precies dezelfde plaatsen als in het spectrum met de donkere lijntjes.



Opvallend is ook dat de oplichtende lijntjes de kleur hebben van het 'lijnloze' spectrum op die plaats. Het is duidelijk dat de lichte en donkere lijntjes met elkaar te maken hebben.

Het element waterstof heeft heldere lijnen op de volgende golflengtes:

656,3 nm (in het rood);

486,1 nm (in het blauw);

434,1 nm (in het blauw);

410,2 nm (in het violet);

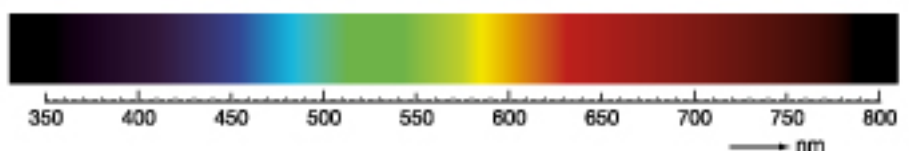
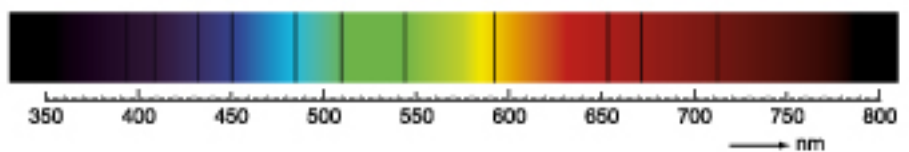
397,0 nm (in het violet).

Dit zijn overigens lang niet alle lijnen die van waterstof bekend zijn.

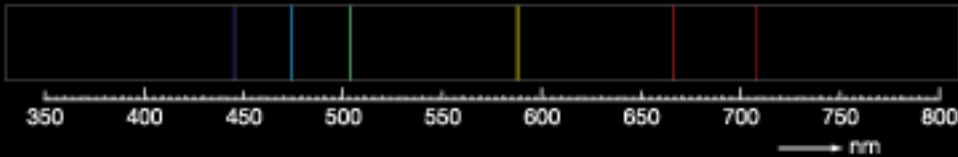
Opdracht 3.

In de figuur hieronder zijn een spectrum met lijnen en een spectrum zonder lijnen getekend.

Teken in het onderste spectrum die lijnen waarvan je dankzij bovenstaande informatie weet dat ze met waterstof te maken hebben.



Hetzelfde geldt voor heliumgas:



Bij helium zijn de volgende heldere lijnen in het zichtbare licht bekend:

706,5 nm (in het rood);

667,8 nm (in het rood);

587,6 nm (in het geel);

501,6 nm (in het groen);

492,2 nm (in het groen);

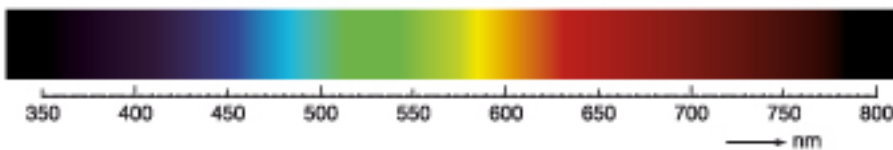
471,3 nm (in het blauw);

447,2 nm (in het violet).

Ook dit zijn lang niet alle lijnen die we van helium kennen.

Opdracht 4.

Teken in het onderstaande spectrum de lijnen op de plaatsen waar een onderzoeker deze zal vinden als hij met een spectroscop naar helium kijkt.



Een kleurspectrum zonder lijnen wordt 'continu spectrum' genoemd. Dit betekent dat er bij elke golflengte licht wordt uitgezonden.

Maar waar komen die donkere lijnen in het spectrum van de zon vandaan?

Het continu spectrum ontstaat aan het oppervlak van de zon. Dit oppervlak moet je je niet voorstellen als het aardoppervlak, maar als een gebied waar het hete gas van de zon naar buiten toe steeds minder dicht wordt (we gebruiken daarvoor het woord 'ijler'). Het ijle gas boven het zonoppervlak is koeler en daardoor gebeurt er iets bijzonders.

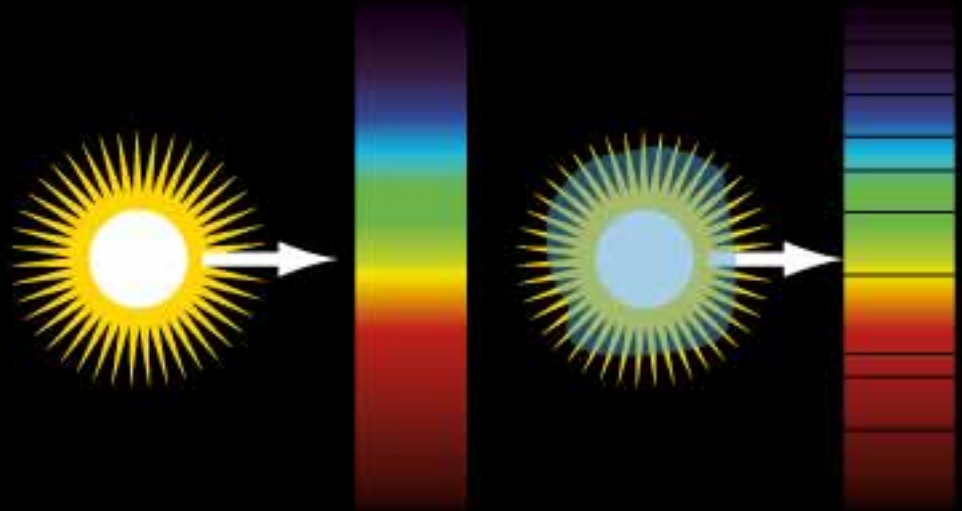
Het koele gas ontvangt van het zonoppervlak licht met een continu spectrum.

Het koele gas absorbeert (absorberen=opslokken) het licht bij bepaalde golflengtes. Deze golflengtes verdwijnen uit het continu spectrum.



We noemen zo'n donker lijntje een **absorptielijn**. We spreken dan ook niet meer van een continu spectrum, maar van een **absorptiespectrum**.

Ook het spectrum van oplichtende lijntjes heeft een naam. We noemen het een **emissiespectrum**.



Opdracht 5.

In 1815 heeft Joseph von Fraunhofer in het zonnespectrum al 574 lijntjes ontdekt. Betekent dit nu ook dat er 574 elementen in de zon voorkomen?

- ja, want
- nee, want



HET ONDERZOEK VAN STERREN

Je weet al wat meer over spectraalonderzoek. Nu gaan we eens kijken naar het onderzoek van sterren zoals dat tegenwoordig wordt gedaan. We weten van Joseph von Fraunhofer dat hij het spectrum van Sirius heeft onderzocht. Hij zal ongeveer het volgende plaatje hebben gezien:

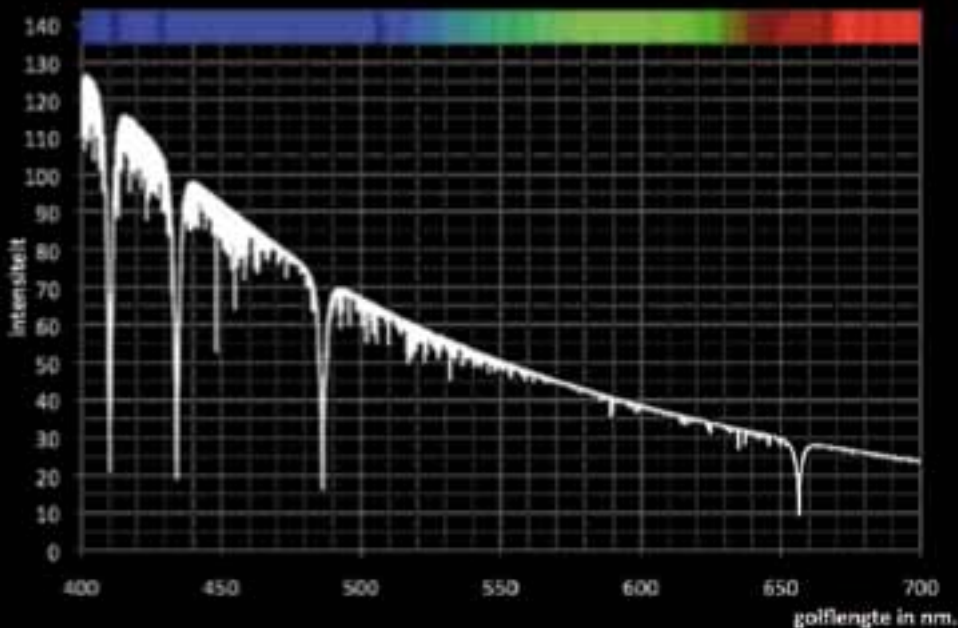


Opdracht 6.

Je ziet hierboven absorptielijnen. Kun je terugvinden van welk element de donkerste lijnen afkomstig zijn?



Voor sterrenkundigen zijn die kleurenplaatjes vaak lastig om te onderzoeken. Zij hebben methoden ontwikkeld om van die kleurenplaatjes grafieken te maken. De grafiek van Sirius ziet er als volgt uit:



Deze grafiek is voor ons onderzoek best lastig om te lezen. Het gaat om de diepe dalen: dat zijn de absorptielijnen. Deze zijn goed zichtbaar, maar zitten een beetje verstopt in de grafiek van het continu spectrum.

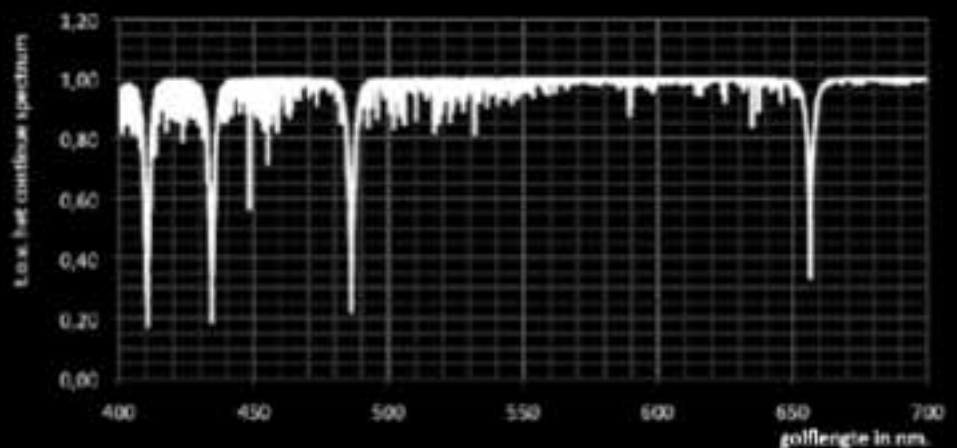
Opdracht 7.

Probeer nu deze grafiek te analyseren door de volgende vragen te beantwoorden:

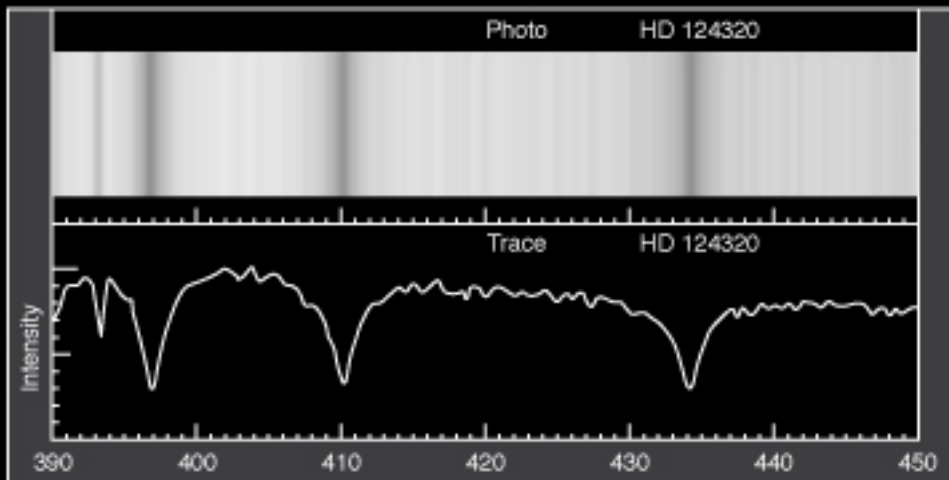
- Op de verticale as staat het woord intensiteit, probeer in eigen woorden uit te leggen wat dit woord betekent.
- Op de horizontale as staat de golflengte in nm. Waarom is gekozen voor het gebied tussen 400 en 700 nm?
- Op een bepaald moment gaat de grafiek omhoog en komen er diepe dalen. Wat denk je dat die dalen voorstellen?
- Kun je ook zien welk element zo duidelijk in het spectrum aanwezig is?



Via een rekentechniek is het mogelijk de gegevens van het continu spectrum weg te filteren, zodat de absorptielijnen duidelijker zichtbaar worden. In het plaatje hieronder zie je dat gebeuren.



Van de ster HD 124320 (een nummersysteem om sterren terug te kunnen vinden) is met een professionele spectroscopie het spectrum hieronder gemaakt. Je kunt heel goed zien hoe de foto die van het spectrum is gemaakt, vertaald is in de grafiek.

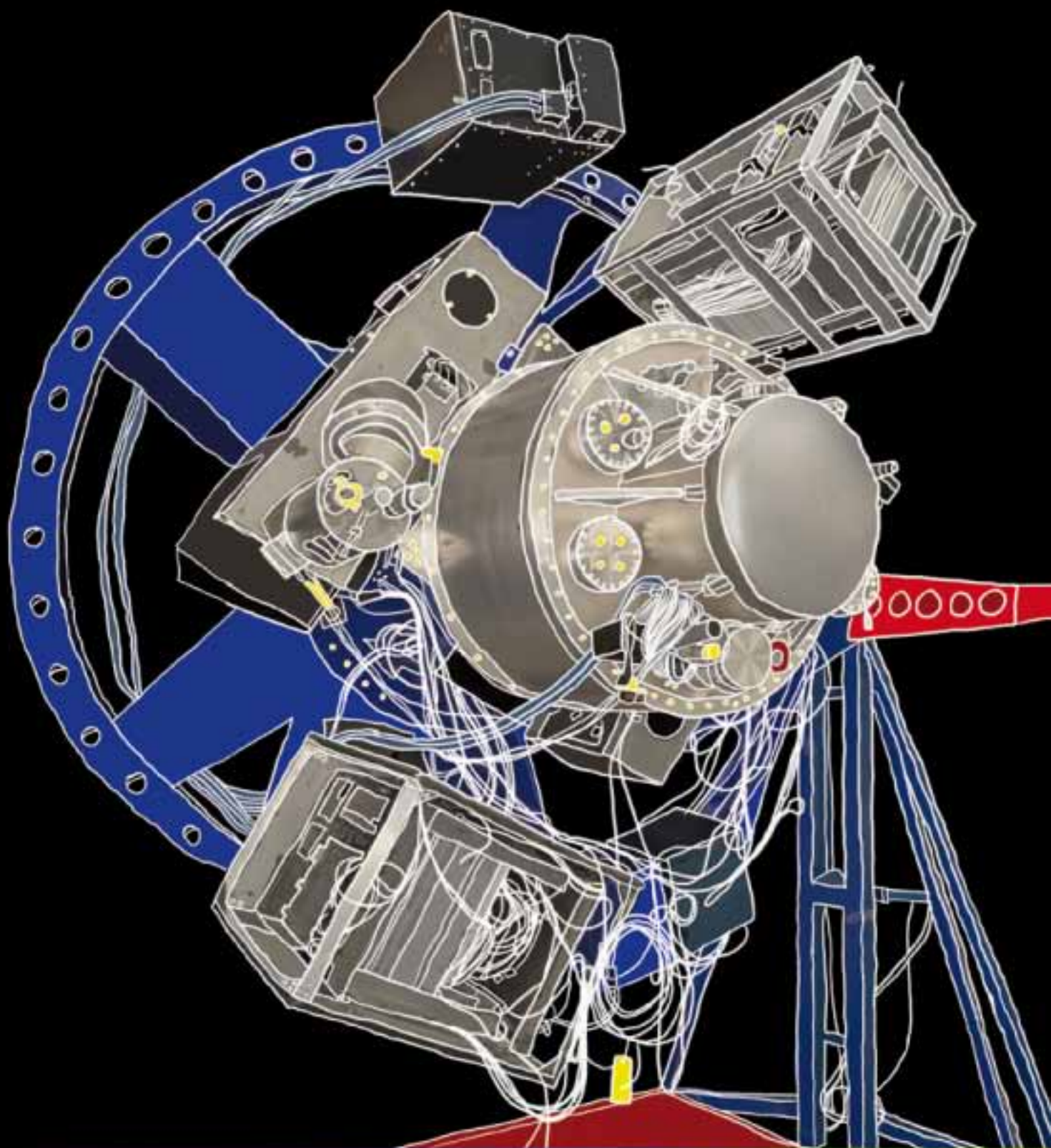


Opdracht 8.

- Welke extra informatie moet er bij de horizontale as staan?
- Wat valt je verder op aan de grootte van de horizontale as?
- Noteer de golflengtes van de vier duidelijkste absorptielijnen en probeer met behulp van de bijgeleverde tabel uit te vinden van welk element deze afkomstig zijn.



DE X-SHOOTER,
HET GEVOELIGSTE INSTRUMENT TER WERELD
OM SPECTRA TE ONDERZOEKEN



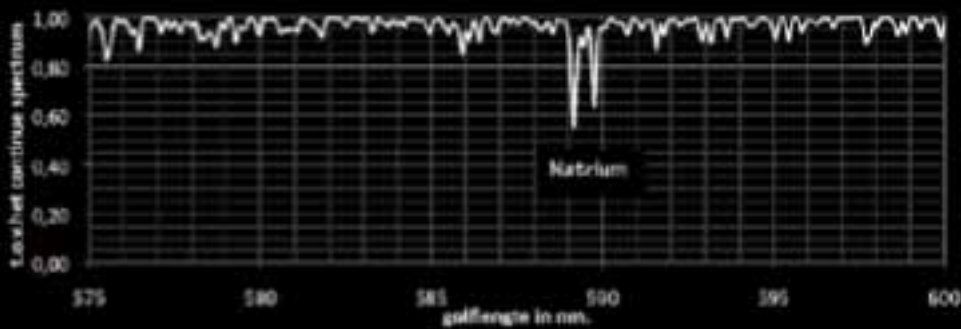
NU ZELF OP ONDERZOEK UIT!

Bij opdracht 8 heb je gezien dat astronomen vaak heel gedetailleerde opnamen maken van de spectra van sterren. Omdat de spectra zo gedetailleerd zijn, kunnen de astronomen veel elementen en allerlei andere informatie over de onderzochte ster ontdekken.

We gaan nu, net als astronomen, onderzoek verrichten aan de samenstelling van onze zon. Dat doen we met behulp van een spectrum dat op een professionele sterrenwacht is gemaakt. Bij dit onderzoek moet je de tabel spectraallijnen en elementen gebruiken die bij deze NOVA-lab-oefening hoort.

Even een voorbeeld:

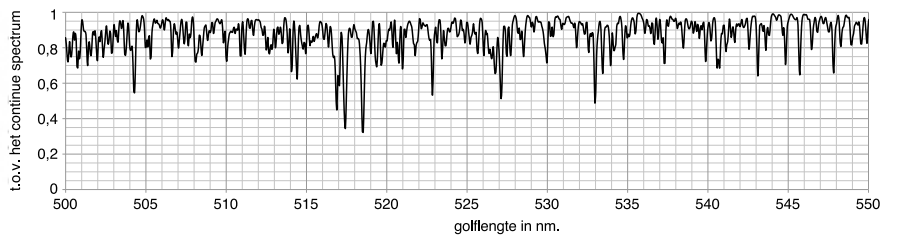
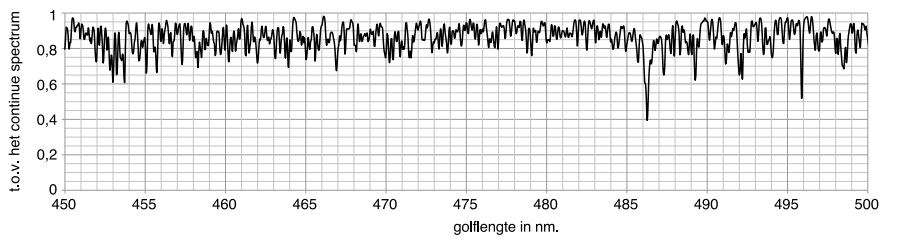
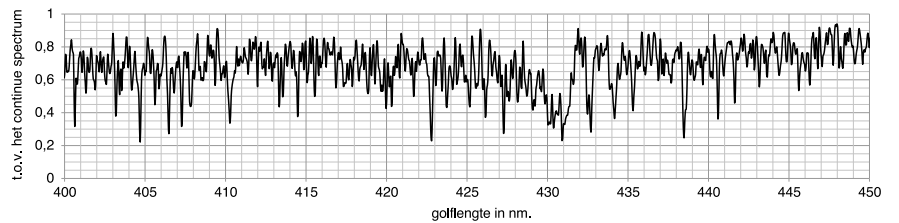
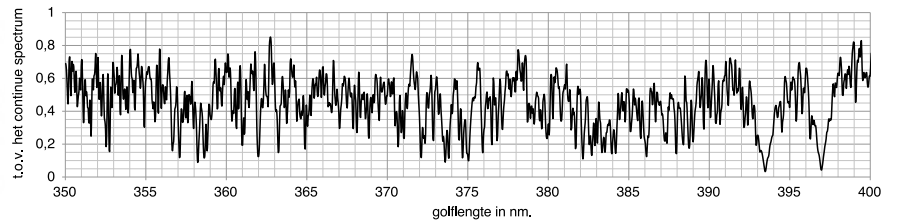
De gegevens die je gaat gebruiken, komen uit een grote gegevensbank (database) van waarnemingen van de zon. Hieronder zie je een stukje van die gegevens in een grafiek.

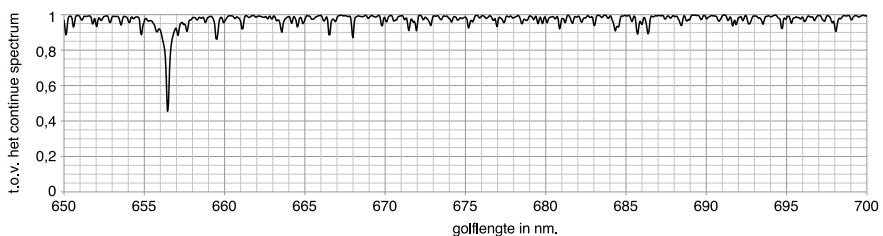
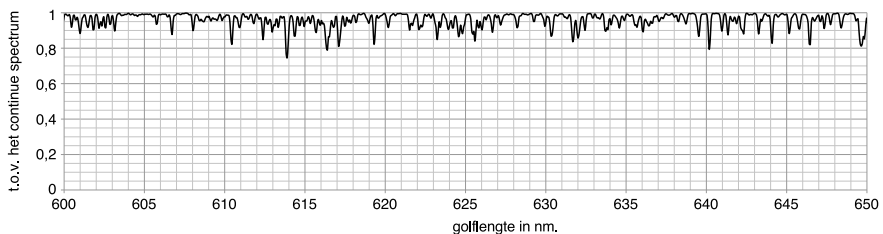
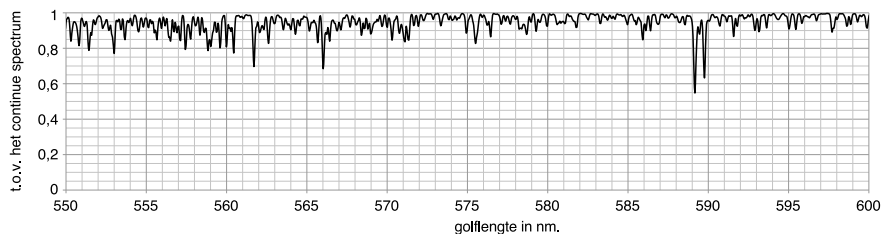


Opvallend zijn de twee duidelijke dalen, ongeveer bij 590 nm. Uit de diepte van de dalen blijkt dat het duidelijk zichtbare absorptielijnen zijn. In de bijgeleverde tabel kun je terugvinden dat de aanwezigheid van het element natrium deze lijnen veroorzaakt.

Opdracht 9.

Onderzoek met behulp van de bijgeleverde tabel welke elementen op de zon waarneembaar zijn vanaf de aarde. Ga op dezelfde manier te werk als in het voorbeeld.





Opdracht 10.

- Welk element lijkt het meest op de zon voor te komen?
- Zoek op internet hoe de samenstelling van de zon werkelijk is.



Slotopdrachten.

1. Zoek uit hoe al die verschillende elementen in de zon zijn terechtgekomen.

2. Er is een bijzonder verhaal over het element helium. Ga op onderzoek uit.



NB
NOVA heeft een bouwpakket gemaakt van een spectroscop. De docent kan deze voor de hele klas bestellen bij de firma Breukhoven. (www.breukhoven.nl)

GOLFLENGTES VAN STERKE FRAUNHOFERLIJNEN IN HET SPECTRUM VAN DE ZON.

Golflengte (nm)	element	afk.	Golflengte (nm)	element	afk.
351,5	Nikkel	Ni	407,1	IJzer	Fe
352,5	Nikkel	Ni	410,2	Waterstof	H
357,0	IJzer	Fe	422,7	Calcium	Ca
358,1	IJzer	Fe	425,4	Chroom	Cr
360,9	IJzer	Fe	426,1	IJzer	Fe
361,9	IJzer	Fe	427,7	IJzer	Fe
363,1	IJzer	Fe	432,6	IJzer	Fe
364,8	IJzer	Fe	434,1	Waterstof	H
371,9	IJzer	Fe	438,4	IJzer	Fe
373,5	IJzer	Fe	440,5	IJzer	Fe
373,7	IJzer	Fe	441,6	IJzer	Fe
374,5	IJzer	Fe	452,9	IJzer	Fe
374,9	IJzer	Fe	455,4	Barium	Ba
375,8	IJzer	Fe	470,3	Magnesium	Mg
376,0	Titanium	Ti	486,1	Waterstof	H
376,3	IJzer	Fe	492,1	IJzer	Fe
376,7	IJzer	Fe	495,7	IJzer	Fe
381,6	IJzer	Fe	516,7	Magnesium	Mg
382,0	IJzer	Fe	517,2	Magnesium	Mg
382,6	IJzer	Fe	518,3	Magnesium	Mg
382,9	Magnesium	Mg	527,0	IJzer	Fe
383,2	Magnesium	Mg	523,8	IJzer	Fe
386,0	IJzer	Fe	552,8	Magnesium	Mg
388,6	IJzer	Fe	589,0	Natrium	Na
390,6	Silicium	Si	589,6	Natrium	Na
393,4	Calcium	Ca	610,2	Calcium	Ca
396,8	Calcium	Ca	612,2	Calcium	Ca
404,5	IJzer	Fe	630,2	IJzer	Fe
406,3	IJzer	Fe	656,2	Waterstof	H



ISBN 978-94-90496-01-2



9 789490 496012 >



NOVAlab
Nederlandse Onderzoekschool voor Astronomie
Science Park 904
1098 XH Amsterdam
nova@astronomie.nl
www.astronomie.nl