DE EENHEID DER WETENSCHAP

REDE

OP DEN 351sten VERJAARDAG VAN DE STICHTING
DER RIJKSUNIVERSITEIT TE LEIDEN,
8 FEBRUARI 1926, GEHOUDEN DOOR
DEN RECTOR MAGNIFICUS

PROF. DR. W. DE SITTER

AKAAN NASIONAL RI
: -
/5

P. NOORDHOFF — GRONINGEN, DEN HAAG, 1926

24 hal.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

DE EENHEID DER WETENSCHAP

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

T-175

DE EENHEID DER WETENSCHAP

REDE

OP DEN 351sten VERJAARDAG VAN DE STICHTING
DER RIJKSUNIVERSITEIT TE LEIDEN,
8 FEBRUARI 1926, GEHOUDEN DOOR
DEN RECTOR MAGNIFICUS

PROF. DR. W. DE SITTER

f 0,75

BIJ J. B. WOLTERS' U. M. — GRONINGEN, DEN HAAG, 1926

PERPUSTAKAAN NASIONAL RI

BOEKDRUKKERIJ VAN J. B. WOLTERS.

PERPUSTAKAAN NASIONAL R.I.
: 28-6-2010
: 266/PN-Museum
: 0010-27270060
: 1008030178
: Museum Pusat

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

MIJNE HEEREN CURATOREN, PROFESSOREN, LECTOREN, DOCTOREN, DAMES EN HEEREN STUDENTEN DEZER UNIVERSITEIT, EN GIJ ALLEN, DIE HIER ZIJT SAAMGEKOMEN TER HERDENKING VAN DE 351STE VERJARING VAN HAAR STICHTINGSDAG!

ZEER GEWAARDEERDE TOEHOORDERS!

Wij leven in een tijd van wonderbaarlijke ontwikkeling der wetenschappelijke ideeën en theorieën. Nieuwe resultaten en nieuwe gezichtspunten volgen elkaar met groote snelheid op, wat kort geleden nog onmogelijk of ondenkbaar scheen, wordt thans algemeen aangenomen, wat gisteren onomstootelijk scheen vast te staan vindt heden twijfel en ongeloof. De tijd die noodig is voor een paradox om tot gemeenplaats te worden is zelden zoo kort geweest als tegenwoordig: hij wordt bij maanden, of zelfs bij weken, geteld.

Gaan wij een dozijn jaren terug, tot 1914, den datum van het verschijnen van Eddington's boek „Stellar movements and the structure of the universe." Dit boek bracht toen het allernieuwste op een gebied van onderzoek waarop zich sedert een tiental jaren de belangstelling der astronomen sterk had geconcentreerd, en vertegenwoordigde de meest moderne gezichtspunten. Het was een samenvatting van den stand der wetenschap na een merkwaardige vruchtbare periode van ontwikkeling gevolgd op Kapteyn's ontdekking der sterstroomen in 1904, en werd door elkeen, ook door zijn auteur, beschouwd als een rustpunt op den weg, waar de langs verschillende banen verzamelde gegevens bijeenvergaard werden om ze te monsteren en te rangschikken, en nieuwe plannen te beramen om den ontdekkingstocht in dezelfde richting voort te zetten. Thans terugblikkend komt het ons eerder voor als een afsluiting van een vroegere periode. Onderzoekingen van dienzelfden aard hebben weliswaar voortgeduurd, de beraamde plannen zijn uitgevoerd geworden en hebben ruimschoots de gehoopte belangrijke resultaten opgeleverd, doch zij hebben niet, zooals verwacht werd, de ontwikkeling der wetenschap beheerscht, noch ook de hoofdrichting aangegeven. Het ziet er zelfs naar uit alsof sindsdien van een hoofdrichting, van een groote lijn in den voortgang der weten-

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

schap, geen sprake meer is, doch integendeel het onderzoek in vele hemelsbreed verschillende met elkaar weinig verband houdende en dikwijls tegenstrijdige richtingen uiteengaat.

In datzelfde jaar 1914 verscheen Einstein's „Entwurf einer verallgemeinerten Relativitätstheorie und Theorie der Gravitation." Hoeveel strijd, niet altijd op waardige wijze gevoerd, die theorie heeft ontketend behoef ik niet in Uw herinnering terug te roepen. De populaire litteratuur heeft er genoeg misbruik van gemaakt. In November 1915 was de theorie voltooid en begon zij haren triumftocht over de wereld, reeds in 1919 door de uitkomsten van de Engelsche eclipsexpeditie haar overwinning bezegelend. Ongeveer terzelfder tijd, nu ruim een dozijn jaren geleden, ontstond de atoomtheorie van Bohr, die ons inzicht in het mechanisme der straling — als men ten minste de paradoxale sprongen, die de electronen in het atoom verondersteld worden uit te voeren, nog een mechanisme mag noemen — geheel veranderde; en in het gevolg daarvan kwamen de nieuwe denkbeelden betreffende de ionisatie en hare toepassingen op steratmospheren door Saha (1920), Pannekoek (1922), Milne en vele anderen, Eddington's schitterend werk omtrent het binnenste van een ster, dat de astronomen dwong sinds Maart 1924 hun opvattingen omtrent de ontwikkelingsgeschiedenis der sterren grondig te herzien, en den natuurkundigen het geloof opdrong aan het bestaan van volmaakte — zelfs meer dan volmaakte — gassen van zoodanige dichtheid dat een vingerhoed vol er van zooveel weegt als een volwassen mensch. Denkt men daarbij aan de vele verrassende zuiver astronomische ontdekkingen der laatste jaren: de eerste meting van den schijnbaren middellijn van een ster door de astronomen van Mount Wilson in 1919, door Eddington, in zijne rede bij het eeuwfeest der Royal Astronomical Society, onder de zes belangrijkste feiten der afgeloopen eeuw gerekend, de wonderbaarlijke resultaten van Shapley's onderzoek der bolvormige sterrenhoopen — die een Engelschman den scherts ontlokten dat tegenwoordig op geregelde intervallen uit Amerika het bericht komt dat het heelal ongeveer tien maal zoo groot is als wij dachten —, het vreemde gedrag der sterren met groote snelheden door Oort aan het licht gebracht, de door Van Maanen gemeten bewegingen der spiraalnevels, die, of ze nu ten slotte zullen blijken reëel te zijn of niet, in elk geval veel commotie hebben verwekt, en zelfs geleerden van grooten naam tot de meest phantastische speculaties hebben verlokt, Lundmark's „super-novae", die gedurende hun kortstondige maximum helderheid de absolute magnitude — 16 zouden hebben, dus ongeveer 250 millioen maal

zooveel licht uitstralen als de zon, en nog zooveel andere, dan komt men wel onder den indruk van de groote menigvuldigheid van het ons ter verwerking geboden materiaal, dat ons door zijn veelheid dreigt te overstelpen en door zijn veelsoortigheid te verbijsteren, zoodat wij ons afvragen of wij het ooit zullen beheerschen, of wij ooit de klaarheid en geslotenheid der klassieke astronomie zullen herwinnen?

Is er dan geen eenheid meer? Is er gevaar dat de wetenschap ontaardt tot wat de leek er zoo dikwijls in ziet: het doelloos zoeken naar merkwaardige en wonderbaarlijke resultaten? Heeft de kolossale krachtsinspanning der laatste tien of twaalf jaren slechts vernietiging gebracht van ons vroeger zoo welgeordend systeem, en ons een chaos daarvoor in de plaats gegeven?

Ik geloof het niet. Al loopen de wegen der wetenschap meer uiteen dan zij plachten te doen, en zijn ze avontuurlijker, toch kruisen zij elkaar dikwijls, en op die kruispunten staan de langs verschillende banen vergaarde ervaringen lang niet altijd vreemd tegenover elkaar. En ook afgezien van deze toevallige kruisingen is het zeer wel mogelijk van een algemeen standpunt een perspectivisch overzicht te krijgen dat ons doet zien dat de verschillende paden niet zonder plan of verband zijn uitgebakend.

Immers, hoe gevarieerd de problemen ook zijn, die onze geesten bezig houden en onze verwachtingen gespannen, er is eenheid in doel en eenheid in middelen. Eenheid in doel: het zoeken naar de realiteit achter de verschijnselen. Dat er een realiteit achter de verschijnselen is, die bestaat onafhankelijk daarvan of en hoe zij waargenomen wordt, daaraan twijfelt de natuurwetenschap evenmin als het ongeschoolde gezonde verstand. Streng genomen staat elke uitspraak over wat niet waargenomen is buiten de wetenschap en behoort tot de metaphysica. Hoewel er nu niets is waarvan een natuurkundige zoo'n afkeer heeft als van metaphysica, aarzelt hij toch geen oogenblik te gelooven dat zijn wetten algemeen zijn, en dat de verschijnselen doorgaan zich er naar te gedragen ook als hij niet toekijkt. En daar het onmogelijk zou zijn te bewijzen dat zij dat niet doen, heeft hij het volste recht op dat geloof. De waargenomen verschijnselen zijn de wisselwerking tusschen deze realiteit, waarvan wij het bestaan vooropstellen, en onze zintuigen, of de instrumenten waarmede wij onze zintuigen verlengen en versterken. Zij bevatten dus zeker iets van die realiteit en wat zij bevatten is alles wat wij er ooit van zullen te weten komen. Maar zij bevatten ook veel dat van ons zelven afkomstig is, en het is maar de quaestie die verschillende bestanddeelen

PERPUSTAKAAN NASIONAL

te scheiden. De natuurwetten, dat zijn de regelmatigheden waaronder wij de verschijnselen kunnen onderbrengen, zijn de samenvatting van het verband tusschen de verschillende verschijnselen, en juist dat verband schrijven wij toe aan de realiteit en niet aan den waarnemer. De natuurwetten, als al het relatieve, van den waarnemer afkomstige, er uit geëlimineerd is, *zijn* voor ons de realiteit. Mogen nu al tegenwoordig de verschijnselen vreemd en de wetten revolutionair schijnen, dat neemt niet weg dat ook thans, als altijd het doel van het wetenschappelijk streven is de verschijnselen onder wetten te brengen.

Eenheid ook in middelen, want de methode van werken is altijd dezelfde: het opstellen van hypothesen en het toetsen daarvan aan de waarneming. Zoo is altijd de loop der dingen geweest: naar mate meer verschijnselen bekend worden stelt men hypothesen op om ze te „verklaren", d. i. ze in te voegen in het verband der wetten. Uit deze hypothesen trekt men weer verdere gevolgtrekkingen, men voorspelt nieuwe verschijnselen, en doet waarnemingen om na te gaan of deze voorspellingen uitkomen. De voorspellingen die uitkomen bevestigen de theorie en leveren de basis voor de toepassingen van de wetenschap in de techniek. Dat de man aan het andere eind van den telefoondraad, of de draadlooze luisteraar, werkelijk hoort wat wij zeggen en ons niet misverstaat, dat wij als wij een trein of een vliegtuig bestijgen op den voorspelden tijd het voorspelde eindpunt bereiken, dat het werkelijk mooi weer is als De Bilt ons dat voorspiegelt, dat zijn praktische toepassingen van het uitkomen van wetenschappelijke voorspellingen, die voor de techniek een levensbelang zijn. Doch den man der wetenschap interesseert dit slechts matig. Hij zou zeer gelukkig kunnen zijn zonder telefoon, vliegtuig en weervoorspelling. Voor hem zijn juist de voorspellingen die niet uitkomen de belangrijkste: zij leeren hem op welke punten de theorie nog verbetering behoeft, en worden dus het uitgangspunt voor verdere ontwikkeling der wetenschap zelve. Eigenlijk zouden wij altijd als wij een voorspelling maken — wel te verstaan een verstandige voorspelling — moeten hopen dat zij niet uit zal komen. De omschrijving van het streven der wetenschap met een aan Malebranche ontleend woord: „toujours tendre avec effort à l'infallibilité, sans y prétendre", kan ik niet accepteeren. De bescheiden erkenning van menschelijke beperktheid in de laatste woorden besloten, vermag niet de principieele fout der eerste op te heffen. De wetenschap streeft niet naar onfeilbaarheid, doch naar waarheid.

Een schoon voorbeeld, waaraan deze wijze van werken kan

PERPUSTAKAAN NASIONAL

worden gedemonstreerd, is Eddington's verhandeling van Maart 1924. Uit zijn theorie omtrent het stralingsevenwicht binnen een gasvormige ster had hij afgeleid dat er een vaste betrekking moest bestaan tusschen de lichtkracht van zulk een ster en de hoeveelheid materie die zij bevat, hare massa. Toen hij die voorspelling aan de waarnemingen toetste, kwam zij uit, maar... voor de verkeerde sterren. Volgens de toenmalige opvattingen, ook door Eddington zelf gedeeld, had zij alleen moeten uitkomen voor de reuzen, doch niet voor de dwergen, die niet als gasvormig werden beschouwd. De dwergen bleken evenwel zich volkomen naar het regime van de reuzen te gedragen. Eddington, niet tevreden dit paradox te hebben aan het licht gebracht, gaf ook in dezelfde verhandeling de verklaring, d. i. de aanvulling van de theorie noodig om het nieuw ontdekte verschijnsel met de oude bekende onder één wet te vangen. Bij de hooge temperaturen en onder den invloed van de intense straling die in het binnenste eener ster heerschen zijn de atomen in hun constitueerende deeltjes, kernen en electronen, uiteengeslagen en daardoor veel kleiner geworden: in plaats van dat er, als men ze zoo dicht mogelijk opeenpakt, tien millioen naast elkaar op een millimeter kunnen liggen, zooals in ons bekende vaste stoffen het geval is, gaan er dan een milliard of meer op een millimeter voordat ze elkaar zoo na komen dat hun vrijheid van beweging, noodig om aan de gaswetten te kunnen gehoorzamen, belemmerd wordt. Zoo worden zelfs dichtheden duizenden malen die van platina voor een gas verklaarbaar, en zoo is het mogelijk dat in sommige sterren, de „witte dwergen", een hoeveelheid materie weinig kleiner die van de zon is samengepakt in een bol weinig grooter dan de aarde, zonder dat de ster ophoudt gasvormig te zijn. De meting, verleden jaar door de astronomen van Mt. Wilson verricht, van de verplaatsing van de lijnen in het spectrum van den begeleider van Sirius door deze gecondenseerde massa volgens Einstein's gravitatietheorie teweeggebracht was een schoone bevestiging van de juistheid van Eddington's beschouwingen, en tevens, ten overvloede, van de gravitatietheorie. Hier hebben wij dus een voorbeeld hoe een schijnbare tegenstrijdigheid leidt tot dieper inzicht in het wezen der materie en meerdere eenheid in ons wereldbeeld, in dien zin dat meer verschillende verschijnselen onder één wet gebracht worden.

Blijft aldus in de dieper liggende drijfveeren van haar streven en in hare algemeene methode van werken de wetenschap zichzelve gelijk trots alle revoluties, een nadere studie der actueele

PERPUSTAKAAN NASIONAL

problemen leert ons dat ook in elk afzonderlijk geval het nieuwe en het oude elkaar doordringen en onafscheidelijk verbonden zijn. Gij zult niet van mij verwachten, zeer gewaardeerde toehoorders, dat ik U in dit uur een overzicht van, of een inzicht in, alle actueele problemen zal geven. Ik zou er één hebben kunnen uitkiezen, het zooveel mogelijk isoleeren, en aldus aan een eng omsloten materiaal U demonstreeren hoe de wetenschap werkt en wat haar doel is. Liever echter wil ik, op gevaar af van eenigszins vaag te worden, trachten door het verband tusschen de verschillende problemen bloot te leggen, de essentieele eenheid der wetenschap te laten zien.

Vele der groote problemen zijn evenzeer, of haast meer, physisch dan astronomisch. Ik wil ze echter, wat U mij wel zult willen vergeven, vooral van den astronomischen kant beschouwen. De natuurkunde en de sterrekunde hebben elkaar dikwijls belangrijke diensten bewezen, en speciaal tegenwoordig arbeiden zij samen in een zeer innig verband. De astronoom echter heeft vele voordeelen boven den physicus. Zijn studieobject zijn de sterren, zijn laboratorium is het heelal. Door de groote schaal waarop alle plaats grijpt worden vanzelf bijkomstigheden, die de aandacht van de hoofdzaak afleiden en het beeld vertroebelen, op den achtergrond gedrongen. En in de sterren zien wij de materie onder omstandigheden die in het laboratorium niet bereikbaar zijn: de astronoom kent gassen van veel grootere en veel kleinere dichtheden, onder veel hoogeren en veel lageren druk, dan de physicus kan voortbrengen, ook onvergelijk veel hoogere temperaturen, maar of het wel ergens in het heelal zoo koud is als op „de koudste plek op aarde" in het Leidsche Kryogeen laboratorium, durf ik niet te zeggen. In de gassen die de physicus onderzoekt vliegen de moleculen met groote snelheden dooreen, botsen telkens tegen elkaar en tegen de wanden van het vat waarin ze geborgen zijn. Hier is de astronoom in het voordeel: de gassen die hij bestudeert zijn niet in een buisje opgesloten, maar hebben de geheele onbegrensde ruimte tot hun beschikking. In de bovenste lagen van de chromospheer der zon is, volgens de berekeningen van Milne, zelfs bij 5000° temperatuur, de gemiddelde vrije weglengte der geïoniseerde calcium-atomen 6000 km., en de tijd tusschen twee botsingen een uur. Toch zijn daar nog bijna een half millioen atomen per kubieke centimeter. In de corona en in de gasvormige nevels is de dichtheid ongelwijfeld nog veel geringer en zijn de botsingen nog veel zeldzamer. Het is reeds meermalen opgemerkt dat juist in die gassen zonder botsingen der moleculen de heldere spectraallijnen ontstaan, waarvoor

PERPUSTAKAAN NASIONAL RI

men weliswaar naar, waarschijnlijk misleidende, analogie van het helium de namen coronium en nebulium heeft uitgedacht, doch omtrent welker aard en ontstaan men nog niets weet. Wij stipten reeds even aan hoe de studie der extreem hooge densiteiten onzen blik heeft verruimd. Wie weet of niet van de extreem kleine ons de eerstvolgende groote verrassing wacht.

Maar laten wij kalm afwachten wat de toekomst brengen wil. Het heden levert al genoeg stof om over te spreken. De vele problemen, die tegenwoordig de gemoedsrust der astronomen verstoren, zijn toch niet zóó onsamenhangend dat ze zich niet laten classificeeren. Allereerst in twee groote groepen: de vraag naar de structuur van het heelal, en die naar de constitutie en evolutie van een ster, of, ruimer gevat, het onderzoek van de verspreiding der materie in de ruimte en dat van de eigenschappen der materie. Een derde groote groep, de problemen der gravitatie, staat tegenwoordig meer op den achtergrond der belangstelling — haar tijd zal ook wel eens weer komen.

Een wereldbeeld, dat, hoewel het waarschijnlijk door weinig astronomen, misschien door geen, in zijn geheel zal worden geadopteerd, daar deze dit, gene een ander detail anders zal willen, toch in zijn groote lijnen voldoende een communis opinio vertegenwoordigt om mij in dit uur als uitgangspunt voor mijne beschouwingen te dienen, is het volgende. Onze zon behoort tot een stelsel van duizend of tienduizend millioen sterren, die een ronde platte schijf of ellipsoïde vormen, waarvan de middellijn 40 tot 50 duizend, de grootste dikte 10 tot 12 duizend lichtjaren bedraagt. De sterren zijn in dit stelsel gecondenseerd naar het midden toe, waar er twee of drie per 1000 kubieke lichtjaren zijn, naar den rand toe neemt de dichtheid geleidelijk af: reeds op afstanden van 650 lichtjaren in de richting van de dikte en 2400 in het equatorvlak is zij tot op de helft verminderd. Een eigenlijke grens is er niet: de afmetingen die ik aangaf zijn ongeveer die waar de dichtheid een honderdste van die in het midden is. De zon bevindt zich niet precies in het centrum, maar misschien 200 lichtjaren daarvan verwijderd, in elk geval nog in dat gedeelte waar de dichtheid nog niet merkbaar is afgenomen. Dit sterrenstelsel is het, dat ons door de onderzoekingen van Kapteyn zoo goed bekend is geworden. Het staat onder verschillende namen bekend, ik zal het heden „ons eigen stelsel", of ook het „Kapteynstelsel" noemen. Alle sterren die wij met het bloote oog kunnen zien, en misschien wel alle die wij, als afzonderlijke sterren, in onze kijkers kunnen onderscheiden, behooren er toe. Sterren

PERPUSTAKAAN NASIONAL

van verschillende kleur en constitutie zijn er dooreengemengd: reuzen, die duizend- tot tienduizend maal zooveel licht geven als de zon, kolossale bollen bestaande uit zeer ijl gas, met gemiddelde dichtheden vele malen kleiner dan die van lucht, wier volume millioenen malen dat van de zon bevat, terwijl hun massa niet meer dan enkele tientallen van die der zon bedraagt, en dwergen als onze zon en nog kleiner, met massa's van de zelfde orde en dichtheden als die van water of grooter, soms veel grooter. De dwergen zijn verreweg in de meerderheid, de meeste zijn kleiner en zwakker van licht dan de zon, hoewel de reuzen natuurlijk meer in het oog — of in den kijker — loopen, en onder de heldere sterren dientengevolge onevenredig sterk vertegenwoordigd zijn.

Deze concentrische rangschikking in ellipsoïden van regelmatig afnemende dichtheid geeft in groote lijnen de structuur van ons sterrenstelsel aan. Binnen het raam van die regelmatige structuur zijn er vele bijzonderheden. Behalve de groote meerderheid der losloopende sterren, enkele of dubbele, die met snelheden van enkele astronomische eenheden per jaar in allerlei richtingen het stelsel doorkruisen, zijn er groepen, soms van twee of drie sterren, soms van meer, zooals de Groote Beerstroom, bestaande uit een goed dozijn sterren, die, wijd verspreid tusschen de anderen, zich met gelijke en gelijkgerichte snelheden voortbewegen, verder de zoogenaamde open clusters, als de Plejaden, de Hyaden — een conglomeratie van een honderd tot honderdvijftig sterren die, met sterke concentratie naar het midden, ten ruwste een bol van 33 lichtjaren middellijn vullen op een afstand van 140 lichtjaren van ons verwijderd —, de bekende sterrehoop in de Kreeft, die misschien 400 of 500 sterren bevat, de tweelingcluster in Perseus, en vele andere. En behalve de sterren zijn er ook nog binnen hetzelfde stelsel uitgestrekte nevels en stofmassa's, donkere zoowel als lichtgevende, bestaande uit materie in uiterst fijn verdeelden toestand, gasvormig of vast, enorme ruimten beslaand met zeer geringe densiteit.

Dit ons sterrenstelsel nu maakt met vele andere ster-conglomeraties deel uit van een grooter systeem, het melkweg-systeem, waarvan het waarschijnlijk wel de kern vormt. Wat wij hiervan weten is reeds veel onzekerder. Het bestaat uit wolken van sterren en nevels, misschien in grootte en samenstelling gelijkend op ons eigen stelsel, waarschijnlijk over het algemeen kleiner en van andere samenstelling, alle gelegen in of nabij het melkwegvlak, dat ook het aequatoriaalvlak is van het Kapteyn-stelsel, en zich in dat vlak, binnen de buitenste lagen van het Kapteyn-stelsel en daar buiten, gedeeltelijk in en over

PERPUSTAKAAN NASIONAL

elkaar grijpend, uitstrekkend tot onbekende afstanden, misschien honderdduizend lichtjaren, misschien meer, misschien minder. In de richting loodrecht op dit condensatie-vlak is de dikte gering, misschien niet meer dan zes- tot twaalfduizend lichtjaren. Ter weerszijden van dit platte stratum van melkwegwolken bevinden zich dan nog de bolvormige sterrehoopen, waarvan er een driekwart honderd bekend zijn. Dat zijn bolvormige opeenhoopingen van sterren, de meeste waarschijnlijk min of meer afgeplat, zoo ongeveer 100 lichtjaren in diameter, en elk vele honderdduizenden, misschien een millioen, sterren bevattend, waarvan wij natuurlijk alleen de helderste, de reuzen, kunnen onderscheiden. Zij zijn gecondenseerd ter weerszijden van het melkwegvlak, doch hun afstanden van dat vlak loopen op tot 60.000 lichtjaren of meer. Enkele er van, b.v. de bekende sterrehoop in Hercules, zijn voor het bloote oog zichtbaar als een klein lichtvlekje, men zou zeggen een wazig sterretje. Wij kunnen ons dus ten ruwste het melkwegstelsel voorstellen als een bol met een middellijn van 100.000 of meer lichtjaren, waarvan het aequatorvlak wordt ingenomen door de sterwolken en nevels, die den eigenlijken melkweg vormen, terwijl in de ruimte ter weerszijden daarvan de bolclusters zich bewegen, gecondenseerd naar het middenvlak toe. Ons eigen sterrenstelsel bevindt zich in het middenvlak, doch waarschijnlijk niet geheel centraal. Binnen dezen bol liggen ook de beide Magellaansche wolken, conglomeraties van sterren, sterrenhoopen en nevels, in grootte en samenstelling veel gelijkend op de ster- en nevelwolken die den melkweg vormen, maar zij bevinden zich ver buiten het melkwegvlak, in het gebied der bolclusters.

Geheel buiten dit melkweg-stelsel, en in geen verband er mee, staan de spiraalnevels. De afstanden daarvan zijn zeer onzeker, doch de laatste bepalingen van Lundmark schijnen wel eenig houvast te geven. Deze zijn in overeenstemming met de reeds lang door velen voorgestane theorie der „island universes", welke de spiralen beschouwt als stelsels van dezelfde orde van grootte, en analoge samenstelling, als ons melkwegstelsel. Zij moeten dan op enorme afstanden staan. De naastbijzijnde is de met het bloote oog zichtbare nevel van Andromeda, voor welker afstand Lundmark 1.400.000 lichtjaren vindt, terwijl haar middellijn 60.000 lichtjaren zou zijn. Voor andere vindt hij nog grootere afstanden en afmetingen van dezelfde orde.

Buiten de opgenoemde sterren- en melkwegstelsels is de ruimte vrijwel leeg. Als men in het middelste gedeelte van het Kapteynstelsel, waar de dichtheid het grootst is, de materie waaruit

PERPUSTAKAAN NASIONAL

de sterren bestaan kon verstuiven tot atomen waterstof, gelijkmatig over de ruimte verspreid, dan zouden er daarvan ongeveer anderhalf per kubieke centimeter zijn. De gezamenlijke massa van alle niet tot sterren gecondenseerde materie, nevels, stofwolken, en wat er verder in de ruimte tusschen de sterren zijn mag, is waarschijnlijk niet grooter en zeker niet vele malen grooter dan die van alle sterren te samen. Bedenkt men dat er in het volmaaktste luchtledig dat wij met onze luchtpompen kunnen voortbrengen, minder dan een billioenste der gewone luchtdruk, toch nog enkele millioenen moleculen per cm.^{3} zijn, dan behoeft men niet te aarzelen volgens onze aardsche begrippen de interstellaire ruimte nagenoeg leeg te noemen. Ook voor den astronoom, als hij niet verder kijkt dan de simpele paar duizend lichtjaren van het Kapteyn-stelsel, is dit nog wel leeg te noemen. Maar juist dat hij verder kijken kan bewijst dat buiten het middenvlak van ons melkwegstelsel de densiteit nog duizenden malen kleiner moet zijn.

Wij hebben nu de ruimte bevolkt met sterren, maar wat is een ster? Onze opvattingen hieromtrent hebben zich in de laatste jaren veel gewijzigd. Een ster is een opgeblazen gasbol, zeggen wij nog, als vijftig jaren geleden; alleen hebben wij geleerd dat het begrip „gas" veel meer omvat dan men vroeger dacht, en ook omtrent de wijze van het opblazen hebben wij andere inzichten gekregen. Wij zijn gewoon, als wij een lichaam warmte en licht, in het algemeen: energie, zien uitstralen, ons voor te stellen dat die energie voortgebracht wordt naarmate ze uitgestraald wordt, dat de productie gelijken tred houdt met den export. Volgens de moderne opvatting van Eddington echter is verreweg het grootste deel der energie niet voor export bestemd, maar blijft binnen de ster en dient om haar op te blazen en te beletten dat zij ineenzakt, terwijl de uitstraling niet meer is dan de onvermijdelijke lekkage bij dit proces van transport van energie en distributie er van over de verschillende vormen binnen de ster. Uit deze nieuwe opvatting omtrent de relatieve belangrijkheid van voortbrenging en uitstraling van energie volgt ten eerste dat er in de ster onmetelijke voorraden energie moeten zijn, duizenden malen meer dan men vroeger dacht, en hieruit volgt weer noodzakelijk dat de sterren een veel langer leven moeten hebben dan men hun vroeger toekende. Als een ster slechts een zeer klein gedeelte van de energie waarover zij beschikt afgeeft, duurt het heel lang voordat de voorraad uitgeput is. Wij zijn thans overtuigd dat het leven van een ster bij tientallen billioenen jaren te tellen is. De

PERPUSTAKAAN NASIONAL

hoeveelheid energie, die gedurende dat lange tijdsverloop wordt uitgestraald, is kolossaal. Wij weten sinds driekwart eeuw dat alle verschillende soorten van energie slechts verschijningsvormen van één zelfde entiteit zijn, en wij kunnen de eene soort in de andere omzetten. Sinds onheugelijke tijden heeft men duister voorgevoeld dat ook de verschillende soorten van materie uit één of weinige grondstoffen zijn opgebouwd, doch eerst in de laatste jaren heeft men werkelijk de verandering van een soort materie in een andere waargenomen. De relativiteitstheorie leert ten slotte, dat ook energie en materie beide slechts verschillende verschijningsvormen van één ding zijn. Wij moeten dus gelooven dat de verandering van energie in materie en van materie in energie mogelijk is. En wel niet alleen als bijproduct (γ-stralen) bij sommige omzettingen van materie, maar zoo dat werkelijk materie verdwijnt, dus het aantal electronen en protonen (waterstofkernen) in het heelal afneemt. Dit hebben wij nog nooit onder onze oogen zien gebeuren, en nog veel minder zijn wij in staat het zelf teweeg te brengen. Laten wij hopen dat de menschheid hierin niet zal slagen voordat de tegenwoordig gebruikelijke methoden om geschillen tusschen groote groepen menschen te beslechten tot een lang vergeten barbaarsch verleden zullen behooren. — Maar al kunnen wij het zelf niet, daarom kan zeer goed in de sterren materie vernietigd en in energie omgezet worden. Als deze energie van lieverlede wordt uitgestraald, wordt de massa van de ster hoe langer hoe kleiner, totdat zij geheel opgebrand is. Dit geeft dus wel een heel andere kijk op het leven en sterven der sterren dan wij vroeger hadden — en verlost ons meteen van het oude raadsel wat er met de doode sterren gebeurt: zij gaan niet dood voordat ze geheel opgeteerd zijn en er niets meer van over is. Daartegenover dringt zich die andere oude vraag: wat er gebeurt met alle uitgestraalde energie, die door het heelal zwerft — zooals wij nu weten voor de overgroote meerderheid in den vorm van straling van hooge frequentie —, met des te meer nadruk aan ons op.

Incidenteel wil ik even wijzen op een gevolgtrekking uit deze lange levensduur der sterren. Zoo nu en dan verschijnt er aan den hemel een zoogenaamde „nieuwe ster", een nova. De frequentie van deze verschijningen in ons melkwegstelsel kan gemiddeld op minstens één per jaar gesteld worden. Wij weten zoo goed als zeker dat de nova, voordat zij plotseling tot groote helderheid opvlamde, een ster was, en dat zij na haar kortstondige periode van glorie weer een ster van gewone lichtkracht wordt. Ik zeg met opzet niet „een gewone ster". Wij

PERPUSTAKAAN NASIONAL

weten niet wat er met de ster gebeurt, maar het is toch minstens twijfelachtig dat na dit gebeuren alles weer tot het oude zou terugkeeren alsof er niets gebeurd was. In zijn intreerede, nu bijna vijf jaren geleden gehouden, zeide collega Hertzsprung: „Het aantal sterren in ons melkweg-stelsel kan op ongeveer duizend millioen geschat worden, en de levensduur van een ster als stralend lichaam op ongeveer evenveel jaren. Indien er dus doorgaans jaarlijks een nieuwe ster verschijnt dan zal het naar deze weliswaar zeer onzekere berekening eerder regel dan uitzondering zijn, dat een ster eens in zijn leven aan de beurt komt om als nieuwe ster te verschijnen." Nu wij den levensduur van een ster tienduizend maal zoo lang stellen, zouden wij moeten concludeeren dat elke ster tienduizendmaal in haar leven nova zou moeten worden, wat absurd schijnt. Er valt haast niet aan te twijfelen dat sterren als onze zon — die toch nog lang niet aan het eind van haar leven is — reeds vele billioenen jaren geleefd hebben zonder een dergelijke catastrofe door te maken. De eenige conclusie komt mij voor te zijn dat de groote meerderheid der gewone sterren aan al die duizende kwade kansen ontsnappen, en dat dus de novae geen gewone sterren zijn. Wellicht zijn zij een speciaal bevoorrechte klasse, die deze buitengewone ondervinding, die voor het vulgus der normale sterren niet is weggelegd, vele malen in hun leven doormaken.

Dit tusschen haakjes. Het probleem der novae is een diergene, waarmee wij, niettegenstaande een recent telegram, nog vrijwel geen weg weten. Maar ik wilde U niet over speciale problemen spreken. Het wereldbeeld dat ik U geschetst heb is verre van volledig, en er zou zeer veel op aan te merken zijn. Ik schetste het U niet om de meerdere of mindere waarschijnlijkheid die het heeft, maar om als aanknoopingspunt te dienen voor de opmerkingen die ik wensch te maken omtrent de methoden en de werkwijze der astronomen.

Hoe zijn wij er toe gekomen dit wereldbeeld op te bouwen, op welke gegevens berusten de overwegingen die onze overtuiging vestigen?

Spreken wij eerst over de afstanden. Het spreekt van zelf dat men voor de meting van afstanden, die zóó ver uiteenloopen, verschillende maatstaven moet hebben. Hier op aarde meten wij ook den afstand tusschen b.v. Leiden en Den Haag op een andere manier dan de afmetingen van een physisch instrument of een klein gebruiksvoorwerp als een Leidsche flesch of een Haagsch hopje, en deze weer anders dan een bacterie of de

PERPUSTAKAAN NASIONAL

golflengte van het licht, en zoo hebben wij ook voor de afstanden in ons zonnestelsel, voor de onderlinge afstanden tusschen de naastbijgelegen sterren en voor die tusschen de verschillende stelsels, verschillende meetmethoden en maatstaven. Deze moeten echter op elkaar geijkt worden. De meest directe afstandsbepaling, die wij op de naastbijzijnde vaste sterren kunnen toepassen, is natuurlijk de meting der parallax. Dit is ten slotte dezelfde methode die wij gebruiken om den afstand tusschen twee steden te bepalen: de driehoeksmeting. Men meet twee hoeken van een driehoek en de lengte van één zijde, en berekent daaruit de andere. In het geval van een ster-parallax zijn de twee hoeken bijna gelijk, hun verschil is de parallax, daarom door taal-puristen „verschilzicht" genoemd. De bekende zijde is de afstand tusschen de positie van de aarde op twee verschillende tijden van het jaar, die gemakkelijk is uit te drukken in de astronomische eenheid, de afstand tusschen de aarde en de zon. Deze wordt met onze aardsche eenheden in verband gebracht volgens dezelfde methode, waarbij de afstand tusschen twee sterrewachten (of twee posities van dezelfde sterrewacht op verschillende tijden van den dag) als basis dient, welke op haar beurt door astronomische waarnemingen gecombineerd met driehoeksmetingen op het oppervlak der aarde wordt afgeleid uit een direkt met meetstaven gemeten basis van enkele kilometers. Volgens deze direkte methode der trigonometrische parallaxen zijn thans de afstanden van ongeveer 1700 sterren bepaald geworden — in 1910 waren er nog maar 350 —, maar veel verder dan 20 of 30 millioen astronomische eenheden — zeg 500 lichtjaren — komt men zoo toch niet. De parallaxen zijn uiterst kleine hoeken. De parallax van een ster op een afstand van 300 lichtjaren doet zich op photographieën genomen met onze grootste kijkers voor als een interval van ongeveer een halve mikron. Men kan de waarneming zoo inrichten dat men het dubbele hiervan meet, maar ook een heele mikron is nog maar een heel kleine grootheid. De classici onder U zullen dat wel willen gelooven. Wij kunnen op deze wijze niet veel meer exploreeren dan het centrale deel van ons eigen sterrenstelsel, dus het minst interessante gedeelte.

Voor grootere afstanden moet men, wil men dezelfde methode blijven gebruiken, een grootere basis hebben. De zon beweegt zich, onze aarde met onze sterrewachten meesleepend, door de ruimte met een snelheid van $4\frac{1}{4}$ astronomische eenheden per jaar. Hoe men er toe gekomen is dit te weten, en hoe dit getal, dat ons dient om van een eenheid op de volgende over te gaan, bepaald is, daarop kan ik niet ingaan. Door waar-

PERPUSTAKAAN NASIONAL

nemingen te verrichten met voldoend lange tusschenpoozen kan men dus zijn basis zoo groot maken als men wenscht — een eeuw geeft een basis van ruim 400 astronomische eenheden, dus tweehonderd maal zoo groot als bij de directe parallaxbepaling. Nauwkeurige waarnemingen, met tusschenpoozen van een eeuw verricht, stellen ons dus in staat tweehonderd maal zoo ver in het heelal in te dringen. Maar er is een groot bezwaar, en wel dat de sterren zelf niet stil staan gedurende den tijd dien wij noodig hebben om hun maat te nemen, en men niet, als bij de directe parallaxbepaling, nadat men zijn meting heeft gedaan, eerst aan het eene, dan aan het andere einde van de basis, weer naar het eerste einde kan terugkeeren om daar de meting te herhalen en aldus het effect van de relatieve beweging van het gemeten object te elimineeren. Deze methode is dus alleen bruikbaar als men de relatieve beweging onschadelijk kan maken, òf doordat men haar in lineaire maat kent, zooals het geval is als de ster behoort tot een groep of cluster met *bekende* gemeenschappelijke beweging — zooals de Hyaden —, òf doordat men haar kan gelijkstellen aan de beweging van de zon in omgekeerde richting, wat het geval is voor het gemiddelde van een groot aantal sterren waarvan men reden heeft te vermoeden dat zij niets met elkaar uitstaande hebben, dus *geen* gemeenschappelijke beweging hebben. In het gemiddelde heffen dan de vele individueele bewegingen elkaar op. Men krijgt dus in dit laatste geval niet individueele afstanden, maar afstanden voor het gemiddelde van een groep van sterren, b.v. sterren van een bepaalde kleur en helderheid, sterren met bepaalde eigenschappen van spectrum, etc. Maar het zijn juist deze gemiddeldes die wij noodig hebben voor den opbouw van ons wereldbeeld. Als wij de individueele afstanden kenden, zouden wij ze toch tot gemiddeldes vereenigen.

Van de sterren buiten het centrale deel van ons sterrenstelsel, die over het algemeen zwak zijn, beschikken wij echter nog lang niet over een eeuw nauwkeurige waarnemingen. Wij kunnen onze basis dus nog niet tweehonderd maal vergrooten en tweehonderd maal verder in het heelal voortdringen, maar misschien zestig of tachtig maal, ongeveer tot de grenzen van het Kapteynstelsel. Inderdaad zijn Kapteyn's onderzoekingen, waardoor de structuur van dit stelsel bekend geworden is, gebaseerd op deze methode om gemiddelde afstanden te bepalen. Van de directe meting door juxtapositie van meetstaven, die hoogstens voor afstanden van een paar kilometers kan worden toegepast, zijn wij nu, met behulp van het principe der triangulatie, door telkens een nieuwe basis te nemen, opgeklommen, via den straal

PERPUSTAKAAN NASIONAL

van de aarde, de astronomische eenheid, de zonsbeweging, tot afstanden van enkele tienduizenden lichtjaren, een verhouding van honderdduizend billioen. Maar verder laat de triangulatie ons in den steek.

In plaats van de rechtlijnige voortplanting, waarop het principe der triangulatie berust, gebruiken wij voor nog grootere afstanden een andere zeer eenvoudige eigenschap van het licht, n.l. dat het door den afstand verzwakt wordt. Van twee even heldere sterren, waarvan de eene tienmaal verder van ons verwijderd is dan de andere, zal de verste ons honderdmaal zwakker voorkomen dan de naaste. Wanneer wij dus het licht dat wij van een ster ontvangen nauwkeurig kunnen meten, dan kunnen wij, als wij haar afstand kennen, berekenen hoe helder zij werkelijk is, en omgekeerd als wij hare werkelijke helderheid, hare lichtkracht, kennen, kunnen wij den afstand berekenen. De eerste berekening dient natuurlijk om de door de omgekeerde berekening gegeven maatstaf voor den afstand op de bekende te ijken. Volgens dit principe worden tegenwoordig vele afstanden bepaald, doordat men de lichtkracht afleidt uit metingen van de relatieve intensiteit van bepaalde lijnen in het spectrum, volgens de empirisch door Kohlschütter en Adams gevonden methode. Op dit zelfde principe berust ook de bepaling van den afstand der bolclusters en der spiraalnevels. In het eerste geval gebruikte Shapley voornamelijk cepheïden. De andere afstandsbepalingen, uit de 25 helderste sterren, uit de diameters in de veronderstelling dat de ware afmetingen van alle clusters even groot zijn, zijn ten slotte op de bepaling uit de cepheïden geijkt, en behoeven dus hier niet besproken te worden. Voor de spiraalnevels werden ook cepheïden gebruikt, en verder novae.

Cepheïden zijn een bepaald soort veranderlijke sterren, die een regelmatig, streng periodiek, zeer karakteristiek verloop van helderheidsverandering vertoonen. Het is gebleken dat er een vast verband bestaat tusschen de periode van die verandering en de middelste helderheid. De veronderstelling, waarop deze methode van afstandsbepaling berust, n.l. dat de cepheïden in de clusters en in de spiralen van dezelfde soort zijn en bij dezelfde periode ook dezelfde middelste lichtkracht hebben als die in ons melkwegstelsel, is niet zoo erg gevaarlijk: zij is ten slotte slechts een uitvloeisel van het principe dat aan alle wetenschap ten grondslag ligt, dat de natuurwetten overal dezelfde zijn. De groote moeilijkheid ligt in de ijking, de bepaling van het nulpunt. Men moet, om die te kunnen uitvoeren, toch van een niet al te gering aantal galaktische cepheïden den afstand volgens andere methoden kunnen bepalen. Nu hebben alle be-

PERPUSTAKAAN NASIONAL

kende cepheïden zeer kleine parallaxen, hun afstanden zijn over het algemeen grooter dan 500 lichtjaren, de grens die wij stelden voor de zekere bepaling van trigonometrische parallaxen. Men moet dus wel zijn toevlucht nemen tot eigenbewegingen, doch ook deze zijn klein en er zijn niet meer dan een paar dozijn sterren beschikbaar, zoodat het twijfelachtig is of in het gemiddelde de snelheden der individueele sterren, en vooral de onzekerheden, de systematische en toevallige fouten, der individueele eigenbewegingen, voldoende geëlimineerd zijn. De afstanden uit de cepheïden afgeleid zijn dus nog onzeker, en misschien alle twee of drie maal te groot, of te klein.

Spreken wij nu nog even over het andere groote probleem, de constitutie van een ster. De groote gebeurtenis op dit gebied was de reeds genoemde verhandeling van Eddington van Maart 1924 over het verband tusschen de massa en de lichtkracht van een ster. Welke zijn nu de gegevens die Eddington gebruikte om zijn theorie aan de waarnemingen te toetsen? Massa's en lichtkrachten van sterren, maar uit welke directe waarnemingsgegevens worden deze afgeleid? Wat de lichtkrachten betreft, dat zagen wij reeds: uit schijnbare helderheden en afstanden. De massa moet bepaald worden door de aantrekkingskracht te meten die zij op een andere massa uitoefent. Daarvoor is dus een ander lichaam noodig, d. w. z. men kan de massa's alleen bepalen van de componenten van dubbelsterren uit de waargenomen banen. Behalve deze heeft Eddington ook cepheïden gebruikt, daarbij de massa afleidend uit een bepaalde theorie, de pulsatietheorie, omtrent het ontstaan der lichtwisseling, die een verband legt tusschen de periode en de gemiddelde dichtheid. Uit de gemiddelde dichtheid vindt men de massa als de afmetingen van de ster bekend zijn. Deze laatste kan men berekenen uit de lichtkracht en de temperatuur, waardoor de lichtkracht per eenheid van oppervlak is bepaald. De temperatuur op haar beurt is af te leiden uit het spectrum. Tusschen haakjes merk ik even op dat dit door de pulsatietheorie gelegde verband tusschen periode, massa, lichtkracht en spectrum, gecombineerd met Eddington's betrekking tusschen massa en lichtkracht, een verband geeft tusschen periode, lichtkracht en spectrum. Zoo de invloed der temperatuur niet al te groot is, en daar ook de spectra der cepheïden niet al te veel uiteenloopen, zou dit een verklaring geven voor het empirisch gevonden verband tusschen periode en lichtkracht. Verder heeft Eddington nog gebruik gemaakt van enkele eclips-variabels met bekende spectroscopische banen. Ik wil daarop echter niet verder ingaan.

PERPUSTAKAAN NASIONAL

Ik heb deze gecompliceerde verhoudingen eenigszins in detail, hoewel toch nog zeer oppervlakkig en onvolledig, besproken niet in de hoop dat Gij den geheelen gang van de berekening zoudt volgen, doch alleen om U te laten zien, eenerzijds hoevele verschillende gegevens, uit verschillende bronnen stammend, voor de oplossing van elk probleem, en zelfs van elk onderdeel van een probleem, noodig zijn, andererzijds hoe dezelfde gegevens in verschillende combinaties bij verschillende problemen optreden. Gaan wij den aard van die gegevens na, dan vinden wij twee karakteristieke eigenschappen die aan alle gemeen zijn. Ten eerste berusten zij alle op de meting van zeer kleine grootheden. De parallaxen, de eigenbewegingen der sterren, de helderheidsbepaling van zwakke sterren, de baanbepaling van dubbelsterren, zij alle eischen uiterst nauwkeurige metingen van uiterst kleine grootheden, altijd is het een vechten om de laatste decimaal, en de groote triumfen der wetenschap worden behaald als het gelukt door een nieuwe waarnemingsmethode of een nieuw instrument die laatste tot de voorlaatste te maken. Zoo in het begin der zeventiende eeuw door de uitvinding der kijkers, in het laatste derde deel der negentiende door de photographie en de spectroscopie. Ten tweede vereischen zij alle een zeer uitgebreid materiaal. Beschouwen wij als voorbeeld de afstandsbepaling door de gemiddelde eigenbewegingen der sterren, dus de methode waarbij de zonsbeweging de basis levert. Het spreekt van zelf dat, om een gemiddelde te krijgen voor een bepaalde groep van sterren, waaruit de individueele snelheden voldoende tegen elkaar wegvallen, een groot aantal noodig is. Ook de aansluiting van deze methode op die der trigonometrische parallaxen, dus de bepaling van de basis, berust op eigenbewegingen en radieele snelheden van een zeer groot aantal sterren. Wij hebben gezien dat ook de bepaling van het nulpunt van de lichtkracht-schaal der cepheïden, waarmee bijna alle afstanden buiten het Kapteyn-stelsel zijn gemeten, op eigenbewegingen berust. Er is haast geen onderzoek in de tegenwoordige astronomie dat niet meer of minder van eigenbewegingen gebruik maakt. Ook voor de andere gegevens: helderheidsschattingen, spectrale metingen, enz. geldt hetzelfde: men moet altijd een groot materiaal hebben om individueele afwijkingen te kunnen elimineeren en betrouwbare conclusies te kunnen trekken.

Wat de eigenbewegingen betreft, hoewel ik natuurlijk op de vele moeilijkheden die aan hunne bepaling verbonden zijn en de vele problemen die zich daarbij voordoen niet kan ingaan, wil ik toch een enkele opmerking maken. Die problemen en moei-

PERPUSTAKAAN NASIONAL

lijkheden zijn die der fundamenteele astronomie, dat zijn die welke ontstaan uit het feit dat wij gedwongen zijn onze waarnemingen te doen van af de bewegende aarde, dat al onze plaatsbepalingen en alle gemeten bewegingen relatief zijn, en, voordat wij ze voor theoretische beschouwingen en berekeningen kunnen gebruiken, eerst moeten overgebracht worden van de bewegende aarde naar een „vast" ruimte-schema. Vroeger dienden de waarnemingen der vaste sterren alleen om dit vaste ruimteschema te definiëeren. Sedert de sterren om hun zelfs wille worden bestudeerd is men wel eens geneigd deze bescheiden rol die zij vroeger vervulden minder belangrijk, of overbodig, te achten, en het fundamentaalsysteem te beschouwen als een eerwaardige, maar nutteloze, reliquie uit den praephotographischen tijd. Evenwel, juist de studie der sterren zelve, waarbij wij hoe langer hoe meer behoefte hebben aan vele en nauwkeurige eigenbewegingen, en van steeds meer en steeds zwakker sterren, stelt aan een nauwkeurige vastlegging van het fundamentaalsysteem steeds hooger eischen, en de astronomen zullen de fundamenteele astronomie minder dan ooit mogen verwaarloozen.

Deze beide kenmerken van de gegevens die de astronomie voor den opbouw harer theorieën noodig heeft; de kleinheid der te meten grootheden en de behoefte aan veel, aan steeds meer materiaal, maken dat twee dingen in de astronomie noodiger zijn dan in elke andere wetenschap: geduld en georganiseerde samenwerking. Geduld omdat vele der verschijnselen tijd noodig hebben om zich zoo duidelijk te openbaren dat zij binnen het bereik van onze waarnemingsmethoden komen, samenwerking omdat het materiaal te groot is en te veelsoortig om door één mensch, of zelfs door één instituut te kunnen worden bijeengebracht. Samenwerking niet alleen in engeren kring in de sterrewacht, waar de arbeid van vele werkers wordt geconcentreerd op één doel, niet alleen in wijder verband tusschen geleerden en instituten over de geheele wereld, samenwerking ook met voorgangers en opvolgers voor de oplossing van problemen die uit hun aard meer dan één menschenleeftijd vergen. De astronoom is zich altijd bewust te behooren tot een gemeenschap, welker leden, in ruimte en tijd gescheiden, zich toch verbonden weten door een zeer reëelen band. Hij arbeidt niet voor zich zelf alleen, wordt niet uitsluitend en niet voornamelijk geleid door eigen inzicht of voorkeur, zijn werk is altijd gecoördonneerd met dat van anderen als onderdeel van een georganiseerd geheel.

En daarmee kom ik weer terug op mijn uitgangspunt: de

PERPUSTAKAAN NASIONAL

eenheid der wetenschap. De vraag die ik in den aanvang stelde of niet door de verrassende veelheid van heterogene en dikwijls tegenstrijdige resultaten, waarmede wij in de laatste jaren worden overstelpt, die eenheid in gevaar gebracht wordt, beantwoordden wij reeds lang ontkennend: de tegenstrijdigheid is het beginpunt van een weg naar hooger eenheid. Maar ook in het dagelijksch bedrijf der astronomen is de eenheid niet verbroken. Zij zijn misschien minder dan de buitenstaanders verontrust door de vele wonderbaarlijke zaken die er in hun wetenschap voorvielen. Niet omdat zij zouden zijn afgestompt, en hooghartig zich het nil mirari zouden ten doel stellen — integendeel omdat hun heele geestesgesteldheid er op gericht is juist in alles het wonder te zien, in het alledaagsche evenzeer als in het buitengewone, en omdat zij door lange ervaring weten dat ook de meest sensationeele ontdekkingen, in het perspectief van den tijd gezien, den algemeenen gang der wetenschap niet verstoren. Zij zijn reeds lang gewend aan verdeeling van arbeid en specialisatie — elk verdiept zich in zijn eigen taak, lange berekeningen verrichtend, hypothesen makend van wereldwijde strekking, of geduldig in toegewijde routine van dag op dag waarnemingen verzamelend — wetend dat, of hij nu het eene of het andere werk doet, het altijd een schakel is in een keten, die alleen beteekenis heeft doordat er ter weerszijden weer andere schakels zijn. Het is de keten die belangrijk is, niet de enkele schakels.

Ten slotte een enkel woord nog over de geestelijke waarde van dit alles. De leek, vooral de kunstenaar of de beoefenaar der geesteswetenschappen, maakt zich dikwijls een verkeerde voorstelling van de gedachtenwereld van den man der natuurwetenschap. Hij vindt dien prozaïsch en verdenkt hem van materialisme — misschien geleid door een soort volksetymologie, daar hij de materie bestudeert — en is geneigd hem alle vatbaarheid voor hoogere aandoeningen, ten minste in de uitoefening van zijn beroep, te ontzeggen. Ik denk hierbij niet aan opzettelijke karikaturen als Dr. Cijfer uit de Kleine Johannes, maar aan oordeelen als het volgende, dat ik citeer uit het werk van een onzer allergrootste prosateurs, overigens een kostbaar kleinood van de volmaaktste zuiverheid. „De sterrenhemel is monumentaal", zoo overpeinst de Bramenzoeker, „behalve voor den astronoom, die er te veel van wil weten en met zijn kijker mikt om de onmetelijke afstanden tusschen planeet en planeet in cijfers te vangen. Knap is het wat hij doet, maar het wonder gaat voor hem verloren, het strak en gesloten

wonder met de fonkelende kleine kleurverschillen dat ons hart duizelig maakt."

Ongetwijfeld gaat er van den sterrenhemel een geheimzinnige bekoring uit als van weinig andere natuurverschijnselen. „Der bestirnte Himmel über mir und das moralische Gesetz in mir" waren voor Kant gelijkwaardige objecten van steeds stijgende eerbiedige bewondering. De kracht van het wonder van den sterrenhemel is zoo groot, dat zij zelfs hem die er niets van weet aangrijpt. Doch het is inbeelding van den niet wetende als hij denkt dat door het weten het wonder zou verloren gaan. Het is mijn overtuiging dat het geestelijk genot dat het weten schenkt, het zelfs gedeeltelijk begrip van wat die kleurverschillen, die fonkelende lichtgradaties, en nog zooveel anders dat de leek niet eens kent of niet opmerkt, beteekenen, en het oneindige uitzicht op in de toekomst nog te verwerven dieper inzicht in het verband der verschijnselen, het is mijn overtuiging dat dit genot van hooger orde is dan de aesthetische en mystieke vervoering die het hart van den kunstenaar duizelig maakt. Duizeling bevangt ook mijn hart als ik de sterrenhemel beschouw, maar het is een duizeling van een andere orde, zij verhoudt zich tot die van den artistieken bewonderaar — als ik mij een eenigszins gewaagde beeldspraak mag veroorloven — als de volle bewuste liefde van een vrouw en moeder tot het dwepend verlangen van een bakvisch. Zeker, wij trachten de afstanden tusschen de sterren in getallen te vangen. En niet slechts hun afstanden, maar hun kleur, hun grootte en heel hun innerlijk wezen, en de wetten en gebruiken van de gemeenschap die zij vormen. Doch die getallen zijn niet ons einddoel. Het getal, beter gezegd de wiskunde, die meest volmaakte en meest onmaterieele schepping van den menschelijken geest, is ons het middel waardoor wij hopen ons hoe langer hoe meer te bevrijden van de beperkingen ons door onze menschelijke onvolmaaktheid en materieele gebondenheid opgelegd, de trap waarlangs wij hopen op te klimmen tot steeds zuiverder, steeds vrijer en onbevangener aanschouwing van het, voor altijd onbereikbare, wonder.

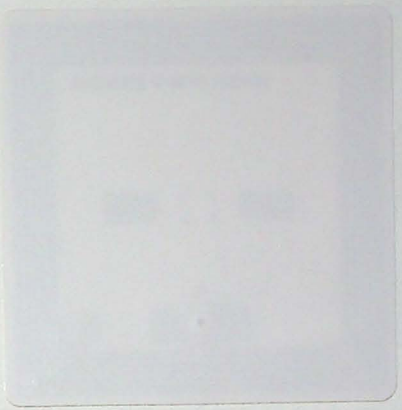
Ik heb gezegd.

PERPUSTAKAAN NASIONAL RI

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

AHMAD D. FAIZ
TGL. .....
PARAF : .....



PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

PERPUS