

HET VERST VERLEDENE

EN DE

VERSTE TOEKOMST.

EEN BLIK IN DE SCHEPPING DES HEELALS.

DOOR

P. HARTING.

Van waar? Waardoor? en Hoe? Ziedaar de drie hoofdvragen, welke de denkende mensch telkens tot de hem omringende natuur rigt. Zij betreffen den oorsprong, de oorzaak en de wijze van ontstaan der dingen rondom hem. De godsdienst wijst ons op den Almagtigen, Alwijzen en Algoeden, als den Oneindigen Schepper van al het bestaande, die in den beginne de hemelen en de aarde uit het niet in het aanzijn riep en al het geschapene bestuurt en onderhoudt. Maar de mensch verlangt meer te weten, en hij heeft regt daartoe, want God schonk hem het verstand, waardoor hij in staat gesteld wordt het verband in te zien tusschen oorzaken en gevolgen en van het bekende op te klimmen tot het onbekende. Op de vleugelen der gedachte dringt zijn geest van uit het tegenwoordige door in het grenzenloos verledene en in de verste toekomst. Van gevolgtrekking tot gevolgtrekking voortgaande, vormt hij zich voorstellingen van hetgeen de wereld eenmaal voor millioenen van jaren was, en na tienduizendtallen van eeuwen zijn zal. Aan de verbeelding blijft hier steeds een ruim spel overgelaten, een des te ruimer, naar gelang nog de kennis van het reeds bestaande, en van de voorwaarden, waardoor het bestaat, onvollediger is. Getuigen de verschillende cosmogoniën, door wijsgeeren en dichters van alle volken uitgedacht en vaak in het nevelachtig

kleed der mythe gehuld, later door het bijgeloof met godsdienstigen eerbied als ingevingen van hoogere wezens beschouwd. Zij dragen den stempel van de mate van natuurkennis dergenen, die daarin de slotsom hunner bespiegelingen uitdrukten, welke wel op ervaring steunden, maar op eene ervaring, die uiterst beperkt was, zoodat de verbeelding de wijde gapingen moest aanvullen, welke zij overliet. Een overzigt der meeningen aangaande de wijze, waarop de wereld ontstaan is, zoude een belangrijk hoofdstuk uitmaken in eene geschiedenis der menschelijke dwalingen. Maar al leert ons het verledene behoedzaamheid, al moge niemand in onzen tijd het in zijne gedachte nemen, om de vrucht zijner bespiegelingen aan anderen als uitvloeisels eener hoogere wijsheid voor te dragen, toch behoeven wij de onthouding niet zoover te drijven, van in onze natuurbeschouwingen alleen te blijven stilstaan bij het thans bestaande, zonder dat het geoorloofd zoude zijn eenen blik te werpen in den nacht der tijden, die de schepping van den mensch zijn voorafgegaan. Integendeel, onze eeuw, oneindig rijker aan grondige natuurkennis dan eenige vroegere, heeft gezien, hoe de wetenschap een licht heeft ontstoken, welks stralen diep in dien nacht doordringen en de duisternis in schemering hebben herschapen. Reeds verrijzen voor het oog van onzen geest de beelden van vroegere scheppingen, die de tegenwoordige zijn voorafgegaan en waarvan de overblijfselen in den schoot der aarde bedolven liggen. Verder in het verledene teruggaande, aanschouwen wij onze aarde in den toestand, toen zij nog geheel onbewoond was, toen noch dier noch plant aan hare oppervlakte leven kon. En eindelijk zien wij haar, in een eindeloos ver verwijderd tijdperk, als een uit gloeiende gesmolten stoffen bestaande bol, die naar alle zijden licht en warmte uitstraalt, even als thans nog de zon. Tot dus ver berust de uitkomst onzer beschouwing op zoo vaste gronden, dat zij schier als noodzakelijke gevolgtrekking uit alles, wat de waarneming van de gesteldheid onzer aarde leert, moet worden aangemerkt. Maar de wetenschap is verder gegaan. Zij heeft zich de vraag voorgelegd: Van waar is de stof afkomstig, waaruit niet enkel onze kleine aarde, maar alle overige hemelbollen zijn opge-

bouwd, en hoe heeft die opbouwing plaats gehad? Vermetele vraag voorwaar! En toch heeft zij daarop een antwoord gegeven.

“Er was, — zoo stelt zij het zich voor, — eenmaal een tijd, dat geen aarde, geen planeten, geen zon noch andere hemellichs-ten bestonden. Alle de stoffen, die thans de millioenen wereldbollen zamenstellen, waren door het heelal verbreid, onder de gedaante van een zeer ijl gas of lucht. In de deeltjes van dat gas had de Schepper de kracht van onderlinge aantrekking weggelegd, waarvan tevens het vermogen tot beweging rondom zekere middelpunten het gevolg was. De deeltjes naderden elkander, het gas werd nevel, en de nevel scheidde zich in even zoo vele afdeelingen als er middelpunten van aantrekking en beweging waren. De eerste scheiding in zonne- en wereldstelsels was aangevangen. Ook ons zonnestelsel begon zich uit dien chaos te ontwikkelen. Het was nog één enkele groote gas- of nevelbol, waarvan de deelen rondom een zeker middelpunt draaiden, maar die deelen trokken elkander aan; de verdigting, welke daarvan het gevolg was, deed de draaijende beweging van het geheel in snelheid toenemen. De nevelbol werd daardoor afgeplat, veranderd in een bolle schijf. Aan den rand dier schijf scheidde zich een ring af. Die afscheiding herhaalde zich meermalen, naar gelang de middelpunt-vliedende kracht het overwigt verkreeg boven de onderlinge aantrekking. De aldus gevormde nevelringen namen de plaats in der toekomstige planeten. Door voortgezette verdigting en zamentrekking werden die ringen op hunne beurt eerst tot nevelbollen, later tot nevelschijven, van welker randen zich wederom ringen afscheidden, die eenmaal wachters of manen zouden worden, en waarvan alleen de Saturnusring nog den vroegeren vorm heeft behouden. En zoo ontstond door allengs voortgaande verdigting, door zamenvloeiing, als het ware, van de oorspronkelijk van elkander verwijderde deeltjes, eindelijk ons zonnestelsel: de zon, gevormd uit de deelen, welke de kern van den gasbol uitmaakten, de planeten, ontstaan uit de kringvormige lagen, welke dien bol op min of meer regelmatige afstanden omhulden, de wachters of manen eindelijk, gevormd uit de nevelringen, die zich van de planetennevels afscheidden.”

Het waren deze zelfde woorden, welke ik gebruikte, om elders ¹⁾ eene hypothese zoo beknopt mogelijk uiteen te zetten, die wellicht de stoutste schepping mag genoemd worden, welke immer in eenig menschelijk brein haren oorsprong heeft gehad. Stout en verheven tevens, want uit de eenvoudigste beginselen, de aanwezigheid van stofdeeltjes en hunne beweging, klimt zij op tot gevolgtrekkingen, zoo grootsch en treffend, dat inderdaad de verbeelding eene schier dichterlijke vlugt moet nemen, om niet beneden de werkelijkheid te blijven, welke deze voorstelling oproept.

Doch stoutheid en verhevenheid mogen op zich zelve nog niet tot aanbeveling strekken eener hypothese, welke ten doel heeft om rekenschap te geven van natuurverschijnselen. Men kan het den dichter vergeven, dat hij aan beelden, die hem zijne phantasie voortoovert, leven en bestaan toekent. De natuurkundige daarentegen, voor wien de eerste pligt is het streven naar waarheid, mag zich niet op het glibberig pad der gissingen en veronderstellingen begeven, zonder bij elken tred te onderzoeken of hij zich nog op vasten bodem bevindt. Met andere woorden: elke hypothese, zal zij ons niet op een dwaalspoor leiden, moet naauwkeurig getoetst worden aan de feiten, die de ervaring ons doet kennen. Die toetsing moet op eene geheel onbevangen wijze geschieden, en van hare uitkomst hangt de graad van waarschijnlijkheid af, welke wij aan de eene of ander hypothese mogen toekennen.

Hoe is het nu ten dien aanzien gelegen met die hypothese, welke wij zoo even hebben geschetst, en in het vervolg korthedshalve “de gas- of nevelhypothese” zullen noemen? Ziedaar de vraag welke ik mijzelven voorlegde, toen ik de boven aangehaalde regelen had neder geschreven. Ik vond tot die vraag te eer aanleiding, omdat onlangs een der uitmuntendste natuurkundigen van onzen tijd, namelijk de hoogleeraar BREWSTER, te Edinburg, in een werkje getiteld: *More Worlds than one, the creed of the Philosopher and the hope of the Christian*, London 1854, deze geheele hypothese als onhoudbaar

1) In een werk dat thans ter perse is en getiteld: *De voorwereldlijke scheppingen, vergeleken met de tegenwoordige*.

en zelfs als eigenlijk reeds gevallen heeft verklaard. Tot eigen leering zocht ik toen de gronden, die voor en tegen haar pleiten, nader te leeren kennen, en het zijn de uitkomsten van dit onderzoek, welke ik mij veroorloof in de volgende bladzijden mede te deelen.

Even als doorgaans met de voortbrengselen van den menschelijken geest het geval is, is ook de gashypothese geenszins, gelijk de gewapende Minerva uit het hoofd van Jupiter, op eenmaal en in haren tegenwoordigen vorm opgetreden. Reeds in de geschriften van oude wijsgeeren, EPICURUS, DEMOCRITUS, LUCRETIVS vindt men de voorstelling van de vorming der aarde en van de hemellichamen uit kleine deelen, zoogenaamde atomen. Doch die voorstelling miste eensdeels allen grond, omdat toen nog de krachten onbekend waren, waardoor die vereeniging van deelen kon tot stand komen, en anderdeels was zij uiterst onbestemd, zoo als trouwens in eenen tijd, toen de natuurwetenschappen nog in hare eerste kindschheid verkeerden, niet anders mogelijk was. Eerst nadat waarneming en berekening de wetten ontdekt hadden, die zoowel de zonnestelsels als de kleinste stofdeeltjes beheerschen, was de grond gelegd, waarop zulk eene hypothese kon worden opgetrokken, zonder langer voor eene ijdele hersenschim te gelden.

Het genie van NEWTON had de wetten der zwaartekracht gevonden. Daarop voortbouwende ontwikkelde de voortreffelijke IMMANUEL KANT, die, in kennis aan de natuur en hare verschijnselen, de meeste zijner opvolgers in het gebied der bespiegelende wijsbegeerte verre overtrof, — in het jaar 1755, dus thans juist voor eene eeuw, — zijne denkbeelden over den oorsprong en de vorming van het heelal, uit eene algemeene nevelmassa, in eene ook nu nog zeer lezenswaardige verhandeling.¹⁾ In deze verhandeling treft men reeds vele der gron-

¹⁾ Getiteld: *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels, oder Versuch von der Verfassung und dem mechanischen Ursprunge des ganzen Weltgebäudes, nach Newtonischen Grundsätzen abgehandelt*, in zijne *Vermischte Schriften*. Bd. I. Halle 1799 s. 283—520.

den aan, waarop men zich nog heden ten dage beroept, en hoewel na KANT, en, naar het schijnt, onafhankelijk van dezen, LAPLACE¹⁾, gerugsteund door de latere vorderingen der wis- en sterrekunde, en na hem een groot aantal andere natuuronderzoekers, de nieuwere ontdekkingen in het gebied der geologie, schei- en natuurkunde te hulp roepende, de hypothese al meer en meer ontwikkeld en tevens eenigermate gewijzigd hebben, zoo blijft toch aan KANT de eer van haar eerste wetenschappelijke grondlegger te zijn.

Zien wij thans, zonder in een nader onderzoek te treden aangaande het bepaalde deel dat aan elk der verschillende natuurkundigen, die zich met deze hypothese hebben onledig gehouden, in hare verdere ontwikkeling toekomt, welke de hoofdgronden zijn, waarop zij berust.

De mogelijkheid, dat eenmaal alle stoffen, die onze aardschors zamenstellen, in gasvorm verkeerd hebben, kan niet betwijfeld worden. De verschijnselen, waargenomen bij de hoogovens, bij de door zuurstofgas aangeblazen gasvlam, en die tusschen de pooleinden eener krachtige galvanische batterij hebben daarvan het bewijs geleverd. Dat ook de stoffen, die de inwendige gedeelten der aarde zamenstellen, eveneens daarvoor vatbaar zijn, mogen wij besluiten eensdeels uit den aard dergene, die door de vuurspuwende bergen worden uitgeworpen, anderdeels uit de metaalertsen, die de gangen en spleten der rotsgesteenten vullen en daarin van uit het binnenste der aarde als het ware zijn ingespoten, deels ook door vervluchtiging zich daarin hebben afgezet. Hoe dit zij, met waarschijnlijkheid mogen wij aannemen, dat de aardkern geene andere zelfstandigheden of liever elementen bevat, dan de aardschors, al is de betrekkelijke verhouding, waarin zij aan beider zamenstelling deel nemen, dan ook, gelijk dadelijk nader blijken zal, zeer verschillend.

¹⁾ In zijne *Exposition du Système du monde*, waarvan de eerste uitgaaf in 1795 verscheen.

Wat de overige groote hemelligchamen betreft, zoo weten wij niets omtrent den aard der deze zamenstellende zelfstandigheden; doch, behalve de zon, de planeten en hare manen, behooren miljoenen kleinere, slechts onder zeer gunstige omstandigheden waarneembare ligchamen tot ons zonnestelsel, wier massa betrekkelijk zoo gering is, dat zij, in de spheer van aantrekking hunner grootere zusters komende, daarop nedervallen. Het zijn de aërolithen of météorolithen. Talrijke scheikundige analyses nu hebben aangetoond dat hunne bestanddeelen geene andere zijn dan die, welke ook in onze aardschors veelvuldig voorkomen, en zoo besluiten wij daaruit wederom met waarschijnlijkheid, dat de stoffen die onze aarde zamenstellen, — zij het dan ook in geheel andere betrekkelijke verhoudingen, — desgelijks bestanddeelen zijn van de overige bollen van ons zonnestelsel, en gevolgelijk, dat dit geheele stelsel in gas-toestand heeft kunnen verkeereren, even als het proefondervindelijk van de bestanddeelen der aardschors gebleken is.

Wel is waar, moet men daarbij dan tevens aannemen, dat dit gas in zijnen oorspronkelijken toestand uiterst ijl is geweest. Door vergelijking van de bekende hoegrootheid der massa van de tot ons zonnestelsel behorende ligchamen met de ruimte eener spheer, waarvan de afstand van de verste der thans bekende planeten, Neptunus, de straal is, bevindt men, dat in een kubiek geogr. mijl 2076 kilogrammen stof bevat was, dat is niet meer dan $\frac{1}{195}$ milligram in eene kubiek el ¹⁾).

1) De boven medegedeelde uitkomst verschilt zeer veel van die welke men vermeld vindt bij BURMEISTER (*Geschichte der Schöpfung* 5e. Aufl., Leipzig, 1854. p. 143 noot.) Volgens deze berekening, die echter blijkbaar aan eenen anderen ontleend is en bovendien reeds dagteekent van voor het tijdstip der ontdekking van Neptunus, zoude een tachtig millioenste gedeelte van een grein vaste aardsche stof eene kubiekmijl gevuld hebben, toen de bestanddeelen van ons zonnestelsel gelijkmatig de ruimte vervulden van eenen bol, waarvan de Uranusbaan den omvang aanduidde. Ook HELMHOLTZ (*Ueber die Wechselwirkung der Naturkräfte*, Königsberg, 1854, p. 26) zegt, mede blijkbaar zonder de rekening herhaald te hebben, dat, toen de nevelbol tot aan de baan der uiterste planeten reikte, in vele miljoenen kubiekmijlen slechts een grein weegbare stof bevat was. Het is daarom, dat ik de door mij verrigte berekening hier verkort mededeel. De straal van de Neptunusbaan is 621,200000 geogr. mijlen; derhalve is de inhoud van eenen

Intusschen, hoe groot deze ijlheid ook wezen moge, zoo is het juist overeenkomstig de natuur van een gas, dat het, in weerwil van groote verijling, nog steeds een de ruimte vullend ligchaam blijft. Ook ontbreken de voorbeelden niet die aan de voorstelling althans eenigermate kunnen te hulp komen. Een gelijk gewigt waterstofgas neemt, bij de gewone luchtdrukking, ongeveer 244000 maal de ruimte in van platina, en, indien wij die luchtdrukking verminderen, b. v. door het gas in eene klok boven de luchtpomp te brengen, dan zoude men het zonder moeite nog eenige honderd malen ijler kunnen maken. Daar nu een kubiek el waterstofgas bij de gewone luchtdrukking ongeveer 89 milligr. weegt, zoo zoude dit gas in dien toestand 17355 maal en bij eene achthonderd-malige verijling slechts omstreeks 21 maal het soortelijk gewigt van het gas bezitten, dat verondersteld wordt eenmaal de ruimte van ons zonnestelsel tot aan de Neptunusbaan te hebben ingenomen. Er is derhalve, ten aanzien der soortelijke zwaarte, een veel geringer verschil tusschen dat gas en de lichtste der op aarde voorkomende stoffen, dan tusschen de aardsehe zelfstandigheden zelve.

Het spreekt echter van zelf, dat deze berekening ons slechts bij benadering bekend maakt met het soortelijk gewigt van het gas, toen reeds de vorming van ons zonnestelsel daaruit was aangevangen. Niets waarborgt ons, dat Neptunus de verst afgelegene der daartoe behoorende planeten is, en bovendien maakte de gasbol, waaruit ons zonnestelsel ontstond, vroeger waarschijnlijk een deel uit van het algemeene gas dat in het heelal bevat was, en wie zal

bol, waarvan die baan aan den omtrek ligt: 1002,791522,4888000,000000,000000 kubiek geogr. mijlen. — De inhoud van de zon, die een straal heeft van 96350 geogr. mijlen, bedraagt 3733,212887,280200 kub. mijlen. — Daar nu een kub. geogr. mijl gelijk is aan 406376,048443 kubiek meters, en de zonzelfstandigheid een soortelijk gewigt van 1,371 heeft, zoo is het geheele gewigt der zon: 2,079281,000000,000000,000000,000000 kilogrammen, en dewijl alle de overige bollen van ons zonnestelsel, te zamen genomen, $\frac{1}{738}$ van de massa der zon uitmaken, zoo weegt de geheele hoeveelheid vaste stof, die in ons zonnestelsel bevat is: 2,082099,000000,000000,000000,000000 kilogrammen. Hieruit nu vindt men, dat derhalve een kubiekmijl van den oorspronkelijken gas- of nevelbol 2076 kilogrammen of 195 kubiekmeters 1 milligram wegen.

het wagen hier in berekeningen te treden, waar de onderlinge afstanden en massa's van geheele zonnestelsels ten grondslag zouden moeten gelegd worden! Ook moeten wij, ten einde ons te vrijwaren voor onjuiste voorstellingen, hier nog de volgende opmerkingen maken.

Wanneer wij de onmetelijke ruimte, waarin zich de millioenen zonnen bevinden, die elk voorzeker, even als onze eigene zon, weder de middelpunten van zonnestelsels zijn, het heelal noemen, dan kunnen wij ons die ruimte, dat heelal, noch begrensde noch onbegrensde denken. Inderdaad liggen beide begrippen geheel buiten het menschelijk voorstellingsvermogen, evenzeer als die van de beperktheid of onbeperktheid des tijds. Wij mogen, gewapend met de uitmuntendste verrekijkers, met onzen blik al dieper en dieper in die ruimte doordringen, tot hij eindelijk stuit op hemelbollen, wier licht waarschijnlijk duizende jaren noodig heeft om tot ons te geraken, niets waarborgt ons, dat, bij verbetering der gezigtswerktuigen, die blik niet eenmaal nog verder doordringen zal, en zelfs, al hadden wij de zekerheid, dat zich het verst verwijderd hemelligchaam op ons netvlies afspiegelt, dan toch zoude niemand meenen, dat zich daar nu ook de uiterste grens des heelals bevindt. Wij noemen derhalve het heelal oneindig groot, al nemen wij ook daarbij aan, dat het getal der daarin verspreid staande hemelligchamen, hoe groot en alle verbeelding ver te boven gaande het ook wezen moge, beperkt is. Is dit zoo, dan heeft het oorspronkelijke gas, waaruit wij veronderstellen, dat alle die hemelligchamen door verdigting ontstaan zijn, ook slechts een gedeelte des heelals ingenomen. Bij eene oppervlakkige beschouwing zoude men welligt meenen, dat dit in strijd is met de natuur van een gas, omdat dit, bij verminderde drukking van buiten, voortdurend streeft om zich uit te zetten, gelijk ieder weet die met de werking der luchtpomp bekend is. Doch dat dit uitzettingsvermogen der gassen niet onbegrensd is, daarvan levert het gas, waaruit de dampkring onzer aarde bestaat, een bewijs; want het is aan geen twijfel onderhevig, of dit bereikt zijn uiterste grens reeds op weinige mijlen afstands van de aardoppervlakte, al zijn de natuurkundigen, die dezen af-

stand hebben trachten te bepalen, het ook dan niet geheel eens of deze zeven, negen of veertien mijlen bedraagt. Deze begrenstheid des dampkrings laat zich trouwens op eene zeer eenvoudige wijze verklaren, — gelijk reeds voor vele jaren door WOLLASTON is gedaan, — uit het overwigt der aantrekking van de binnen den dampkring bevatte aarde, op de onderlinge afstooting der deeltjes van het gas, waardoor deze streven om zich van elkander te verwijderen. Heeft deze verwijdering eene zekere grens bereikt, dan wordt elke verdere uitzetting belet door de in tegengestelde rigting werkende kracht, die van al de onder gelegen stofdeelen uitgaat.

Wat nu van de aarde en van den haar omgevenden dampkring geldt, geldt mede van elke groote enkel uit gas bestaande massa, die zich in eene volkomen ijle of ledige ruimte bevindt, welke nergens beperkt is. Vooreerst zal die massa, zoolang er geene rond-draaijende beweging daarin bestaat, eenen bolvorm moeten aannemen, omdat alle de deelen worden aangetrokken in de rigting van het gemeenschappelijk zwaartepunt. Maar ten tweede zullen alle de stofdeelen, waaruit de gasbol is zamengesteld, gezamenlijk denzelfden invloed uitoefenen op die der buitenste lagen, als de aarde en de binnenste lagen des dampkrings op de buitenste lagen van dezen. Aantrekkingskracht toch is de eigenschap van alle stof, onverschillig of deze vast, vloeibaar of gasvormig is. Het noodzakelijk gevolg hiervan is, dat indien al de stof, waaruit thans de hemelbollen bestaan, zich in gasvormigen toestand bevond in de onbeperkte ruimte des heelals, dit gas zich ook om een of meerdere middelpunten van aantrekking zoude verzamelen, zonder zich aan alle zijden voortdurend uit te breiden.

Daar wij volstrekt onbekend zijn met den uitersten graad van verdunning of verijling, die een gas onder de zoo even genoemde omstandigheden bereiken kan, zoo laat zich ook niets met waarschijnlijkheid zeggen aangaande de vraag, of alle hemelligchamen kunnen ontstaan zijn uit een' enkelen oorspronkelijken gasbol die zich vervolgens in meerderen splitste, of wel dat men moet aannemen, dat er van den beginne af een groot aantal van zulke gasbollen door het heelal verspreid waren.

Zoowel het eene als het andere is denkbaar. In beide gevallen greep er uitstraling van warmte plaats uit het gas in de ruimte, en daardoor onstond zamenkrimping, het eerste begin der verdigting.

Gaan wij nu uit van de eerste veronderstelling, dat namelijk het oorspronkelijke gas eenen enkelen onmetelijken bol te midden des heelals vormde, en onderzoeken wij, wat bij de voortgaande verdigting zal plaats grijpen, dan blijkt, dat de waarschijnlijkheid, dat die gasbol zich volkomen regelmatig op alle punten zoude zamentrekken, hoogst gering is. Die gasbol toch, welks uiterste grenzen zich ver buiten die van alle thans zichtbare hemelligchamen uitstrekten, bestond uit een hoogst zamengesteld mengsel van allerlei stoffen, verschillend door physische en scheikundige eigenschappen, lichtere en zwaardere, eenige zeer moeilijk, andere zeer gemakkelijk verdigtbaar; de beweging bovendien, die de zamenkrimping vergezelde, vorderde tijd, om zich van het eene deel op het andere door de geheele massa voort te planten. De allergeringste daardoor te weeg gebragte afwijking van de volkomene regelmatigheid der zamenkrimping moest, zelfs gesteld zijnde dat de gasbol aanvankelijk geene ronddraaijende beweging bezat, reeds voldoende zijn om meerdere bijzondere middelpunten van aantrekking te doen ontstaan, waarom zich de deeltjes ophoopten, en zoo eene verdeeling des oorspronkelijken grooten gasbols in eene menigte kleinere gas- of nevelbollen te doen plaats grijpen.

Een voorbeeld ontleend aan een overeenkomstig verschijnsel moge het gezegde ophelderen. Het in den dampkring opgeloste watergas slaat zich daaruit, bij verkoeling, neder onder den vorm van nevel of wolken, dat is, de gasdeeltjes naderen tot elkander en vormen zeer kleine waterblaasjes, die te zamen genomen den nevel of de wolk zamen stellen. Heeft nu die verdigting plaats in de hoogste luchtlagen, waar de dampkring zeer ijl is, en bestaan er bovendien geene belangrijke stroomingen daarin, die de geregelde werking der aantrekkingskracht kunnen storen, dan groeieren zich de deeltjes rondom zekere middelpunten van aantrekking, en het gevolg hiervan is het ontstaan der welbekende schaapjeswolken (*cirrho-cumuli*.) Deze nemen alleen daarom geene volkomene bolvormige gedaane-

te aan, omdat de daartoe noodige voorwaarde, namelijk het geheele gemis van luchtstroomen, waardoor die gedaante dadelijk eene wijziging ondergaat, nimmer geheel vervuld wordt. Maar het is duidelijk, dat bij volstrekte rust des dampkrings elk zoodanig wolkje een kleine nevelbol zoude wezen, om dezelfde reden, waarom olie geschud met een vocht, waarvan het weinig of niet in soortelijk gewigt verschilt, zich daarin verdeelt in vele kleine steeds bolvormige droppels.

Men werpe hier niet tegen, dat deze nevelvorming een oneindig klein verschijnsel is, vergeleken met die, waarvan wij veronderstellen dat eenmaal het heelal het tooneel was. Grootheid en kleinheid doen hier niets ter zake, want de kleinste stofdeeltjes en de grootste hemelligchamen gehoorzamen aan dezelfde wetten. Zelfs achten wij het niet ongepast hier nog een ander verschijnsel als voorbeeld aan te voeren, dat, in verhouding tot de wolkvorming in onzen dampkring, schier even gering is te noemen als de e, vergeleken met de vorming des nevels, waaruit zonnestelsels hunnen oorsprong namen. Ik bedoel de merkwaardige veranderingen, die vele stoffen ondergaan bij den overgang uit den vloeibaren in den vasten toestand, wanneer de oplossingen van twee lichamen te zamen vermengd worden, en daardoor een derde ligchaam gevormd wordt, dat in het vocht niet meer oplosbaar is, en zich dus daaruit nederslaat. In zeer vele gevallen bestaat zulk een nederslag aanvankelijk uit zeer kleine slechts bij sterke vergrooting herkenbare ligchaampjes, die zich op zeer korten afstand van elkander bevinden. Laat men nu het vocht met het nederslag in rust, dan zal men na eenigen tijd daarin, in plaats van de millioenen uiterst kleine ligchaampjes, eenige honderden veel grootere bolletjes waarnemen, die, gelijk het onderzoek van den gang des verschijnsels onder het mikroskoop leert, ontstaan zijn door de vereeniging der eersten rondom een groot aantal middelpunten van aantrekking.

Op eene dergelijke wijze dan kan men zich de scheiding van het oorspronkelijke gas in een groot aantal gas- of nevelbollen voorstellen. Daarin ging de verdigting door onderlinge aantrekking der deeltjes voort. Waar deze haren invloed uitoefent, moest

beweging ontstaan, niet enkel in eene regtlijnige rigting naar het middelpunt, maar ook in eene zijdelingsche, omdat alle deelen elkander wederkeerig aantrekken, en welligt is deze reeds voldoende om rekenschap te geven van het eerste begin der wentelende beweging om eene as. Anders kan deze laatste ook verklaard worden uit de aantrekkingskracht der naburige nevelbollen, daar reeds de allergeringste verandering van het zwaartepunt zulk eene beweging moest te voorschijn roepen. Die invloed der aantrekkingskracht der naburige nevelbollen moest zich ook nog op eene andere wijze merkbaar maken, namelijk door de uitzetting van den nevelbol in de rigting waarin hij naar den hem aantrekkenden was toegekeerd, om dezelfde reden, waarom thans nog niet alleen de zee, maar ook de dampkring door de aantrekkingskracht van de maan en van de zon aan eb en vloed onderworpen zijn. Deze uitzetting des nevelbols moest hem eene ellipsöidische gedaante geven, waarvan de sporen terug gevonden worden in de elliptische gedaante der loopbanen van de planeten en in de excentrische plaatsing der zon. Eenmaal aangevangen zijnde, ging de wentelende beweging, die in den beginne uiterst langzaam kan geweest zijn, met toenemende verdigting al sneller en sneller voort en werd de nevelbol, ten gevolge der zich daarbij openbarende middelpuntvliedende kracht eerst veranderd in eene bolle schijf, en scheidden zich later daarvan door dezelfde oorzaak de reeds genoemde nevelringen af, waaruit, door voortgaande verdigting, hetzij eene enkele planeet, of een aantal van elkander afgezonderde planeten, of eindelijk eene planeet met een of meerdere wachters ontstonden.

Ter verzinnelijking dezer onderscheidene verschijnselen heeft de hoogleeraar PLATEAU een' vernuftigen toestel uitgedacht, welke bestaat uit een vierkanten glazen bak, door welks midden een loodregt geplaatste ijzeren as gaat, welke met eene kruk snel in de rondte kan bewogen worden. In den bak wordt een mengsel van water en wijngeest gebragt, waarvan het soortelijk gewigt genoegzaam gelijk is aan dat van olie, terwijl er vervolgens langs de ijzeren as olie in wordt gegoten in dier voege, dat deze rondom het midden van de as zich tot een' enkelen grooten droppel of bol van

verscheidene duimen middellijns ophoopt. Wordt dan de as gedraaid, dan neemt de oliebol eerst eene afgeplatte gedaante aan. Vervolgens scheidt zich daarvan een ring af, die zich weldra in kleinere oliebolletjes oplost, welke rondom den grooten druppel ronddraaijen; met een woord, men ziet in dezen kleinen toestel de voornaamste verschijnselen ontstaan, die, volgens de gashypothese, bij de vorming van het planetenstelsel zouden hebben plaats gegrepen.

Het zal echter ter naauwernood behoeven gezegd te worden, dat wij ons op dezen toestel geenszins beroepen als op een bewijs voor de waarheid der hypothese. Zij brengt haar onder eenen voor onze zinnen waarneembaren vorm, niets meer en niets minder. Evenmin mogen wij uit al het tot hiertoe gezegde iets meer afleiden, dan, dat het ontstaan der hemelbollen uit gas, dat later tot nevel werd, denkbaar is. De eigenlijke gronden voor de hypothese, waarop men ten slotte tot hare waarschijnlijkheid zal mogen besluiten, moeten gezocht worden in den bouw der hemelligchamen zelve en in de onderlinge verhouding, waarin zij tot elkander staan, zoodat zij blijken door eenen gemeenschappelijken band verbonden te zijn, die tevens eenen gemeenschappelijken oorsprong verraaft.

Wij zullen ons hier, om ligt te bevroeden redenen, nagenoeg uitsluitend bij ons zonnestelsel moeten bepalen.

Denken wij ons dus dit zonnestelsel in den toestand, toen de overgang van gas tot nevel reeds was aangevangen. Gelijk wij reeds opmerkten, waren daarin alle de stoffen ondereen gemengd, die de zon, de planeten en manen zamenstellen. In welken staat, als elementen of in verschillende verbindingen? Hieromtrent laat zich zelfs niets gissen, maar wat wij met zekerheid mogen aannemen is: dat die stoffen eene ongelijke zwaarte hadden, dat wil zeggen, dat zij met ongelijke kracht naar het middelpunt des nevelbols werden aangetrokken. De zwaardere stoffen moesten zich dus nabij dit middelpunt ophoopen, de lichtere verder daarvan verwijderd blijven, tenzij de middelpuntvliedende kracht het overwigt behield en hen naar den omtrek dreef. Zoolang echter de snelheid der rondwenteling gering was, kon deze slechts weinig storend inwerken op de wer-

king der zwaartekracht, en derhalve mag men verwachten, indien de hypothese waar is, dat over het algemeen de zwaardere stoffen zich in ons planetenstelsel het meest nabij aan de middelpunten van aantrekking zullen bevinden, waarbij wij tevens doen opmerken, dat tot die zwaardere stoffen vooral metalen behooren, waaronder bovendien vele voorkomen, die zeer moeilijk smeltbaar zijn en gevolgelijk nog moeilijker den gasvorm aannemen, zoodat men daaruit besluiten mag, dat zij moeten gerangschikt worden onder die lichamen, welke zich het eerst uit het gasmengsel hebben afgescheiden.

Zien wij thans in hoeverre deze uit de hypothese voortvloeiende gevolgtrekkingen werkelijk door de kennis aangaande de physische gesteldheid der bollen, welke ons planetenstelsel samenstellen, bevestigd worden.

De best ons bekende dier bollen, onze eigene aarde, levert er dadelijk het bewijs van. Een zeer ligte gasvormige dampkring omgeeft een waterig omhulsel, dat welligt eenmaal de geheele vaste aardeschors overdekte. Die schors zelve, schoon op hare beurt zwaarder dan het water, bestaat bijna uitsluitend uit stoffen, welke door een genomen een veel geringer soortelijk gewigt hebben dan de geheele aarde. Terwijl dit 5,44 bedraagt, kan dat der stoffen, die de schors vormen, op weinig meer dan 2,5 geschat worden. Bij gevolg is het soortelijk gewigt van de aardkern merkelijk hooger dan 5,44. Indien de onlangs door ED. ROCHE (*Compt. rendus* 1854 XXXIX p. 1215) uit bestaande waarnemingen afgeleide regel juist is, dan zoude dit soortelijk gewigt voor het binnenste gedeelte der aardkern ongeveer vijfmaal grooter dan dat der schors zijn, derhalve van 10 tot 12, en daar van de ons bekende zelfstandigheden slechts metalen zulk een hoog soortelijk gewigt hebben, zoo mag men daaruit teregt het besluit afleiden, dat het inwendige der aarde, dus dat gedeelte wat zich volgens de gashypothese het eerst verdigt heeft, grootendeels uit metalen bestaat.

Wat de overige planeten betreft, zoo is het bekend, dat men bij eenigen, bepaaldelijk bij Mars, Jupiter en Saturnus eenen dampkring mag aannemen. Maar bij de beide laatstgenoemde planeten

hebben de waarnemingen en berekeningen der sterrekundigen bovendien bewezen, dat hare digtheid, even als bij de aarde, van de oppervlakte naar de kern toeneemt. Ware namelijk die digtheid op alle punten van het ligchaam der planeet dezelfde, dan zoude de afplatting aan de polen, afgeleid uit den bekenden omloopstijd om de as, merkelyk grooter moeten wezen dan inderdaad het geval is. Het soortelyk gewigt der gheele Jupitersmassa bedraagt 1,32, waaruit door de bedoelde berekening volgt, dat hare schors slechts omstreeks 0,67 soortelyk gewigt heeft. Hetzelfde geldt van Saturnus, waarvan de schors weinig zwaarder dan kurk (0,25) is, terwijl het soortelyk gewigt der gheele planeet 0,76 bedraagt.

Van de overige planeten laat het zich slechts vermoeden, dat zij den bij de aarde en de twee grootste harer zusters gevonden regel volgen, doch ook de zon bevestigt dezen, in zooverre namelijk, dat men hier eene vaste kern, omgeven door verscheidene nevel- en gasvormige omhulsels, aantreft.

Wat wij derhalve van de samenstelling der hemelligchamen weten, is geheel in overeenstemming met hetgeen de hypothese vordert. Doch ook, wanneer wij het oog slaan op de verschillende digtheden der planeten, in de orde waarin zij zich rondom de zon bewegen, ontdekken wij daarin eenen dergelyken regel. Het water tot eenheid genomen, bedragen deze voor:

Mercurius.	6,71.
Venus.	5,11.
Aarde.	5,44.
Mars	5,21.
Jupiter.	1,32.
Saturnus	0,76.
Uranus.	0,97.
Neptunus.	1,25.

Van de talrijke kleine planeten, die zich tusschen Mars en Jupiter bevinden, zijn nog geene digtheden kunnen bepaald worden. Uit die der acht groote planeten blijkt, dat men hen scheiden kan in twee groepen, waarvan de binnenste eene ongeveer 5 — 7 maal grootere digtheid bezitten dan de buitenste.

Niet te ontkennen is het evenwel, dat de digtheden der afzonderlijke planeten geenszins juist zoo geregeld toe- of afnemen als men bij eene eenvoudige bezinking, — men vergeve mij dit woord, — na voorafgegene verdigting, zoude meenen te mogen verwachten. De digtheid toch van Neptunus is iets grooter dan die van Uranus, en die van dezen wederom iets grooter dan die van Saturnus, terwijl Venus eene iets geringere digtheid dan de aarde heeft. Ook beantwoordt onder de wachters der planeten alleen onze eigene maan aan den gestelden regel, daar hare digtheid 0,619 van die der aarde bedraagt, dat is 3,367 maal de digtheid van water. Onder de Jupitersmanen heeft slechts de eerste eene geringere digtheid dan de hoofdplaneet zelve; de drie overige overtreffen deze daarentegen in digtheid. In verhouding tot water zijn de digtheden namelijk:

1 ^{ste}	Maan.		1,09.
2 ^{de}	"		2,01.
3 ^{de}	"		1,73.
4 ^{de}	"		1,36.

Eindelijk schijnt ook het ringensstelsel van Saturnus eene afwijking van den regel op te leveren, daar vermoedelijk de binnenste doorschijnende ring uit eene minder digte stof bestaat dan de overige meer buitenwaarts gelegene, welke het zonlicht sterker terugkaatsen. Met zekerheid mag men dit echter nog geenszins aannemen, zoolang het niet aan de sterrekunde gelukt is de digtheid der afzonderlijke deelen van dit ringensstelsel door op de waarnemingen gegronde berekening te bepalen, iets waartoe voor alsnog weinig hoop bestaat, daar men tot hertoe niet eens de digtheid van alle de ringen gezamenlijk, maar alleen hunne massa kent, die volgens BESSEL $\frac{1}{118}$ van die der planeet zelve bedraagt.

Doch ook al toegegeven, dat er verscheidene uitzonderingen bestaan op den regel, dat in ons planetenstelsel de lichamen die de grootste digtheid bezitten, het meest nabij de middelpunten van aantrekking gelegen zijn, zoo zoude men echter te ver gaan, indien men op grond daarvan dien regel geheel wilde ontkennen en, uit hoofde der onvolkomene overeenstemming met de schijnbare eischen

der hypothese, haar voor onhoudbaar verklaarde. Vooreerst namelijk volgt uit de hypothese zelve dat die planeten, welke het verst van de zon verwijderd zijn, zich het eerst door verdigting uit de nevelringen gevormd hebben; Neptunus dus vóór Uranus, en deze vóór Saturnus. De beide eersten hebben derhalve veel langer bestaan, en hare verdigting heeft eenen hooger grad kunnen bereiken dan die van Saturnus, te meer daar de inhoud van dezen, vergeleken met dien van Neptunus ongeveer zeven, en met dien van Uranus negen maal grooter is, dan van deze planeten, en gevolgelyk reeds daarom meer tijd werd gevorderd om de verdigting in gelijke mate te doen plaats hebben.

Wanneer men bovendien bedenkt, dat de middelpuntvliedende kracht, — die zich, bij toenemende verdigting des nevels, meer en meer heeft moeten uiten door de al snellere en snellere draaijing zoowel der geheele nevelmassa als van hare verschillende deelen om de door het algemeene en de bijzondere middelpunten gaande assen, — juist in de tegengestelde rigting der aantrekkingskracht werkte, dan kunnen deze uitzonderingen niet meer verwonderen.

Gesteld verder, dat het gasmengsel in den eersten aanvang volkomen homogeen was, — iets dat reeds op zich zelf geenszins als noodzakelyk behoeft te worden aangenomen, ofschoon de bekende wetten der diffusie van gassen die homogeneiteit waarschijnlijk maken, — en dat er in de concentrische lagen, waaruit men zich den gasbol zamengesteld denken kan, een volkomen evenwigt bestond tusschen de deeltjes en de krachten die hen in beweging bragten, zoo moesten die homogeneiteit en dit evenwigt toch verbroken worden, zoodra de verdigting, dat is de overgang uit den gasvormigen in den vloeibaren en uit dezen in den vasten toestand, begonnen was. Hier komt nog bij de gelijktijdige werking der scheikundige verwantschap tusschen meer dan zestig elementaire stoffen, die in het gasmengsel aanwezig waren, de ontwikkeling van warmte die de verdigting vergezelde, — en wie ziet dan niet ligtelyk in, dat alle deze krachtsuitingen vereenigd, en elk afzonderlyk, als zoovele storende invloeden kunnen, ja moeten gewerkt hebben, waardoor de volkomene regelmatigheid van den voortgang der verdigting noodwendig iets moest gewijzigd worden.

Eene tegenwerping zoude men nog kunnen ontleenen aan de digtheid der zon, die, hoewel het centrale ligchaam van het geheele planetenstelsel zijnde, toch slechts ongeveer een vierde der digtheid van onze aarde heeft. Intusschen blijkt, bij nadere overweging, dat deze tegenwerping meer schijnbaar dan wezenlijk is. Vooreerst is in die digtheid ook begrepen die van den vurigen dampkring, den photosfeer, welke, gelijk de zonnevlekken bewijzen, uit gloeiend gas bestaat, en bovendien het daaronder gelegen wolken-omhulsel, dat de inwendige donkere kern omgeeft. De digtheid van dit eigenlijke centrale ligchaam is derhalve in elk geval merkelyk grooter, doch kan onmogelyk bepaald, of zelfs geschat worden, zoolang de dikte der omhullende lagen onbekend is. Maar bovendien is die inwendige kern geenszins in denzelfden toestand als de planeten zijn en dus daarmede ook niet vergelijkbaar. De hitte aan de oppervlakte der zonneshijf is zoo groot, dat de moeilijkt smeltbare aardsche ligchamen daardoor gesmolten en de meeste vervluchtigd zouden worden. Men moet derhalve wel aannemen, dat de daaronder gelegen kern desgelijks eene groote warmte heeft, en werkelijk heeft dan ook de waarneming geleerd, dat die kern eigenlyk slechts donker kan genoemd worden in vergelyking met de schitterend lichtende photosfeer. Met gelijk regt zoude men de hydro-oxygeen-gasvlam op kalk donker kunnen noemen, omdat zij, op de zonneshijf geprojectieerd, zich als een donker ligchaam vertoont. Dat de donkerste gedeelten der zonnevlekken inderdaad licht uitstralen, en dat derhalve de kern zelve in gloeienden toestand verkeert, volgt uit hare vergelyking met werkelijk volkomen duistere ligchamen, gelijk (volgens SCHWABE) Mercurius bij zijnen overgang over de zonneshijf. Reeds GALILEI had trouwens opgemerkt, dat de donkerste kernen der zonnevlekken meer licht uitstralen dan de volle maan, en W. HERSCHEL schatte haar licht nog op 0,007 van het geheele zonlicht, waaruit VON HUMBOLDT (*Kosmos* III, p. 398), met ten gronde legging van de tusschen zon- en maanlicht door BOUGUER gevonden verhouding, afleidt, dat zulk eene zwarte kernvlek dus nog 2000 maal meer licht uitstraalt dan de volle maan.

Wel is waar kan men hierbij niet denken aan eene enkele uitzetting der de kern zamenstellende deelen door den invloed der warmte, daar deze alleen onvoldoende is om rekenschap te geven van het groote verschil in digtheid, dat in elk geval tusschen die kern en de digtste planeten blijft bestaan, zelfs al schrijven wij aan de photosfeer eene grootere dikte toe, dan zij waarschijnlijk bezit. Maar die geringere digtheid vindt hare verklaring in hetgeen wij bij de door vulkanen uitgeworpen stoffen waarnemen, waarin talrijke holten of blazen zijn, welke door gassen en dampen zijn gevormd, die de massa zochten uiteen te drijven, zoodat sommige dier stoffen, b. v. puimsteen, daardoor zelfs ligter dan water zijn geworden.

Het zij mij vergund de vermoedelijke gesteldheid der zon nog door een voorbeeld op te helderen. Wanneer wij eenen verrekijker naar de maan rigten, of eenen blik werpen op de kaart daarvan, welke onlangs in dit Album verschenen is, dan zien wij hare geheele oppervlakte als overdekt met de kraters van uitgebrande vulkanen. Denken wij ons nu in den tijd terug, toen alle die kraters werkzaam waren, toen de gloeiende massa onder de dunne schors der maan voortdurend kookte en woelde, en hare oppervlakte zich gestadig als door eene vuurzee overdekt moest vertoonen. Zoude toen het beeld, dat de maan aanbood, wel zoo verschillend geweest zijn van dat der tegenwoordige zon?

Doch hoe dit zij, indien het voor bewezen mag gehouden worden, dat het geheele ligchaam der zon zich in eenen toestand van hevige gloeihitte bevindt, dan kan ons zijne geringere digtheid in vergelijking met die der naastbij gelegen planeten niet meer verwonderen, en verliest de daarop gegronde, tegen de gashypothese gerigte tegenwerping, hare kracht geheel en al.

Ook vindt deze hypothese steun in nog andere niet minder gewigtige eigenschappen van ons zonnestelsel, waardoor zich in zijne vorming eene eenheid van plan verkondigt, die onmogelijk toevallig kan zijn, maar ten duidelijkste eenen gemeenschappelijken oorsprong verraadt. Twee punten verdienen hier vooral onze opmerking. Vooreerst dat alle planeten zich in dezelfde rigting rondom de zon be-

wegen, en ten tweede de over het algemeen geringe helling van de banen der planeten op de ecliptica of op het vlak der baan van onze aarde rondom de zon. Deze hellingen bedragen bij de acht groote planeten :

Mercurius.	7° 0' 6"
Venus	3° 23' 29"
Aarde	0° 0' 0"
Mars	1° 51' 51"
Jupiter.	1° 18' 52"
Saturnus	2° 29' 36"
Uranus.	0° 46' 28"
Neptunus.	1° 47'

Voegen wij nu hierbij dat de helling van den aequator der zon 7° 30' is, dan blijkt dadelijk, dat de genoemde planeten, op hare verschillende standplaatsen in de banen die zij rondom de zon beschrijven, zich of in of weinige graden boven of onder het vlak bevinden, dat door den aequator der zon gaat. Het was vooral deze bijzonderheid, welke LAPLACE aanleiding gaf, om de vorming der planeten te verklaren door de scheiding van de oorspronkelijke nevelmassa in een stelsel van ringen, die zich om een gezamenlijk middelpunt bewogen.

De banen der kleine planeten tusschen Jupiter en Mars hebben meerendeels grootere hellingen. Zij is het geringst, 3°47', bij Hygiea, het grootst, 34°47', bij Pallas. Die der overige blijft echter beneden 17°, en van verreweg de meeste stijgt zij niet boven 8°. Indien wij nu overwegen, dat ook hier alle hellingen van 0° tot 90° denkbaar zijn, zonder dat de beweging nog in eene teruglopende overgaat, dan mogen wij ook, in weerwil der grootere afwijking, toch in de zoo talrijke kleine planeten de bevestiging zien van den regel, dat de planeten zich bij voorkeur in de nabijheid van het vlak des zon-aequators bewegen.

Verplaatsen wij ons voor een oogenblik met onze gedachte op eene andere ster, en stellen wij ons voor gewapend te zijn met zulke uitnemende gezigtswerktuigen, dat wij de zon met de daar om heen draaijende planeten zien konden, dan zouden wij, indien ons oog

zich bevond in de rigting van den zon-aequator, de planeten bijna in eene regte lijn geplaatst zien, die door het middelpunt der zon gaat.

Wat ons nu niet vergund is ten opzichte van ons geheele planetenstelsel, dat kunnen wij met de grootste duidelijkheid waarnemen aan een der tot dit stelsel behoorende kleinere stelsels, namelijk aan Jupiter met zijne vier wachters. Deze zien wij werkelijk nagenoeg op eene regte lijn geplaatst, iets dat het gevolg is, eensdeels van de geringe helling ($3^{\circ} 6'$) des Jupiters-aequators op de Jupitersbaan en derhalve ook op de aardbaan, anderdeels daarvan dat de wachters bijna juist in het vlak van dien aequator gelegen zijn. De hellingen hunner banen daarop bedragen:

	op den aequator van Jupiter	op de baan van Jupiter	op de baan der Aarde
1ste Maan	$0^{\circ} 0' 7''$	$3^{\circ} 5' 24''$	$4^{\circ} 24' 25''$
2de "	$0^{\circ} 1' 6''$	$3^{\circ} 4' 25''$	$4^{\circ} 23' 16''$
3de "	$0^{\circ} 5' 3''$	$3^{\circ} 0' 28''$	$4^{\circ} 19' 19''$
4de "	$0^{\circ} 0' 24''$	$2^{\circ} 40' 58''$	$3^{\circ} 59' 49''$

Wenden wij onzen blik naar het nog merkwaardiger Saturnusstelsel, dan treft ons ook hier dezelfde regelmatigheid en orde. Zoowel de verschillende ringen die de planeet omgeven, als de banen der zeven eerste wachters liggen met den aequator der planeet nagenoeg in hetzelfde vlak. Alleen de achtste en meest verwijderde der manen maakt daarop eene uitzondering, daar hare baan eene tamelijk groote veranderlijke helling bezit. Dit zelfde geldt ook van onze eigene maan ten opzichte van den aequator der aarde, doch daarentegen bedraagt de helling van hare baan op de ecliptica gemiddeld slechts $5^{\circ} 8' 49''$.

Wat de wachters van Uranus en van Neptunus betreft, zoo zijn alleen de hellingen hunner banen op de aardbaan bekend. Bij de eerstgenoemde dier planeten zijn die hellingen grooter dan van eenige andere. Van de 4^{de} der Uranusmanen is zij $99^{\circ} 43' 53''$; derhalve staat de baan meer dan loodrecht op de baan der aarde, en is de wachter dus eigenlijk reeds teruglopend. Nog sterker is dit het geval bij den wachter van Neptunus, waarvan de helling der baan op de ecliptica (volgens de jongste waarnemingen van HIND, gegrond op

de waarnemingen van LASSELL) niet minder dan 151° zouden bedragen.

Het is vooral de geheel afwijkende rigting van de baan der Uranuswachters, waarop zich de bestrijders der gashypothese beroepen hebben, als zoude deze daarmede geheel onvereinigbaar zijn. Deze tegenwerping komt mij echter voor allen grond te missen, zoolang men de rigting van den aequator van Uranus niet kent. Als algemeene uitkomst der beschouwing van ons geheele planetenstelsel, voor zoover de daartoe noodige gegevens bestaan, mogen wij aannemen: *dat in den regel de hemelligchamen, die om een ander hemelligchaam draaijen, banen beschrijven welke nagenoeg in het omwentelingsvlak des aequators van dit laatste gelegen zijn*, en het eenige, dat zich volgens eene gezonde analogie uit de aanzienlijke helling van de banen der Uranus- en Neptunuswachters met waarschijnlijkheid laat besluiten, is: dat de ons tot hiertoe onbekende aequators dier beide planeten dan ook eene dergelijke groote helling hebben, een besluit trouwens, dat ten aanzien van Uranus, door vele sterrekundigen dan ook reeds voorlang daaruit getrokken is.

Dat er overigens ook hier min of meer belangrijke afwijkingen van den regel bestaan, gelijk wij zagen bij eenige der kleine planeten, bij onze eigene maan en bij eenen der Saturnuswachters, kan niemand verwonderen, die bedenkt, welk eenen onmetelijken weg door het heelal ons zonnestelsel sedert zijne eerste vorming heeft afgelegd, en aan hoevele storingen het daarbij kan, ja moet zijn blootgesteld geweest, storingen, waarvan wij de hoegrootheid zelfs niet gissen kunnen, maar die belangrijk genoeg kunnen geweest zijn om rekenschap te geven van de betrekkelijk geringe en weinige veranderingen in de waarschijnlijke oorspronkelijke rigtingen der banen.

Reeds zagen wij, dat aan de physische gesteldheid van de zon en van de planeten, met name aan hare toenemende digtheid van buiten naar binnen, een gewigtig bewijs voor de gegrondheid der gashypothese kan ontleend worden. Die physische gesteldheid levert echter nog andere niet minder gewigtige bewijzen op.

Men mag thans met eene aan zekerheid grenzende waarschijnlijkheid aannemen, dat alle planeten en manen eenmaal in eenen gloeiend gesmolten toestand verkeerd hebben. Hare bolvormige

gedaante, de afplatting aan hare polen, pleiten reeds hiervoor. Het landschap dat de maan ons vertoont, waar het oog schier niets ontmoet dan kraters van uitgebrande vulkanen, verkondigt eenen thans uitgedoofden vuurhaard. En wat onzen aardbol betreft, zoo leeren de op talrijke plaatsen gedane waarnemingen aangaande de toeneming der warmte, naarmate men dieper in den bodem dringt, dat op weinige uren afstands onder onze voeten nog gloei-hitte heerscht, terwijl eene groote reeks van verschijnselen, welke tot het gebied der geologie behooren, ons dwingt tot de erkenning, dat er eenmaal een tijd is geweest, waarop onze aarde als een gloeiende bol hare baan aflegde, en dat door allengsche bekoeling de betrekkelijk dunne schors is ontstaan, waarop wij thans leven en ons bewegen.

Het was BUFFON, die het eerst waagde eene verklaring van dien oorspronkelijk gloeienden toestand te geven, door aan te nemen, dat onze aarde een brokstukje van de zon is, daarvan afgestoten door den schok eener komeet. Bij onze tegenwoordige kennis van den aard der kometen zal wel niemand meer aan de mogelijkheid van zoo iets gelooven. Daarentegen geeft de gashypothese niet alleen volkomen rekenschap van die gloedwarmte, maar deze is zelfs een noodwendige schakel in de reeks van veranderingen, welke het gasmengsel ondergaan moest, alvorens daaruit de aarde met de overige planeten en manen in haren tegenwoordigen staat konden te voorschijn treden.

Bij de groote ijelheid van het gas in zijnen oorspronkelijken toestand en den grooten onderlingen afstand der deeltjes, nadat de verdigting tot vloeibare droppeltjes of blaasjes, dat is de nevelvorming, reeds was aangevangen, is het, wel is waar, onwaarschijnlijk dat van den beginne af daarin belangrijke scheikundige werkingen plaats grepen en dat deze de oorzaak der warmteontwikkeling waren. Maar zij behoeven ook geenszins daartoe te worden ingeroepen, daar reeds de werktuigelijke kracht, die tot de verdigting alleen en op zich zelve noodzakelijk vereischt werd, meer dan voldoende is om die warmteontwikkeling te verklaren. Door de in de laatstverloopen jaren in het werk gestelde onderzoekingen van MAIJER, JOULE, THOMSON en anderen, is het gebleken, dat, even als warmte werk-

tuigelijke kracht kan voortbrengen, zoo ook werktuigelijke kracht warmte kan doen geboren worden. En dit niet alleen, maar het is zelfs gelukt de hoeveelheid warmte te bepalen, die door eene zekere vooraf bekende werktuigelijke kracht noodwendig moet worden voortgebracht, wanneer het daardoor bewogen wordend ligchaam, b. v. door een stoot tegen een ander ligchaam, tot stilstand komt, of in snelheid van beweging verliest.

Het zij voldoende hier het algemeene beginsel uit te spreken, zonder ons te begeven in eene uiteenzetting der gronden, waarop de theorie dezer omzetting of wisselwerking der krachten verder berust. Nu is het duidelijk, dat er in den gas- en lateren nevelbol een aanzienlijke voorraad van werktuigelijke kracht voorhanden was, onder den vorm van aantrekkingskracht, en dat er bij elke vereeniging der deeltjes, die de verdigting vergezelde, eene zekere hoeveelheid warmte moest geboren worden. De geheele hoeveelheid der warmte, welke op die wijze moest voortgebracht worden, alvorens door de verdigting het zonnestelsel in zijnen tegenwoordigen toestand gekomen is, laat zich uit bekende gegevens berekenen, en werkelijk is zulk eene berekening uitgevoerd door HELMHOLTZ (zie zijne verhandeling: *Ueber die Wechselwirkung der Naturkräfte*, etc. 1854 p. 28), die daarbij tot uitkomst heeft verkregen: dat, indien ons geheele zonnestelsel ontstaan is door verdigting uit een gas, dat een' bol vulde, waarvan de afstand van Neptunus tot de zon de straal is, de daarbij ontwikkelde warmte voldoende is geweest om eene watermassa, welke gelijk is aan de massa van de zon en van de planeten te zamen genomen, tot eene warmte van 28 millioenen graden des honderddeeligen thermometers te verheffen. Wanneer de massa van ons geheele zonnestelsel uit zuivere kool bestond, en deze verbrand werd, dan zoude daardoor slechts het 3500^{ste} gedeelte van die warmtehoeveelheid worden voortgebracht. Bedenkt men nu, dat de grootste warmte, welke wij door kunstmiddelen kunnen voortbrengen, weinig meer dan 2000° bedraagt, en dat bij die warmte bijna alle zelfstandigheden, die bestanddeelen der aardschors zijn, in gloeiend gesmolten staat verkeer en zeer vele zich vervlugtigen, zoo ziet men ligtelijk in, dat de enkel door verdigting ge-

boren warmte zoo hoogst aanzienlijk is, dat er noodzakelijk daarvan een groot deel in de ruimte moet zijn uitgestraald, alvorens de mogelijkheid bestond, dat de stoffen die het gasmengsel zamenstelden, zich daaruit in vloeibaren staat afscheidden.

Wanneer wij nu eenen terugblik werpen op het tot dus ver besprokene, mogen wij vooreerst daaruit afleiden: dat de gashypothese in overeenstemming is met den aard der ons bekende stoffen, waaruit het zonnestelsel is opgebouwd, en met de werking der ons bekende krachten. Verder hebben wij doen opmerken, dat de orde waarin de stoffen van verschillende digtheid gerangschikt zijn, zoo wel in de hemelligchamen elk in het bijzonder als in de reeks waarin zij elkander als deelen van één stelsel opvolgen, over het algemeen diegene is, welke zij zouden hebben aangenomen indien zij door verdigting uit een gas ontstaan waren. Daarop hebben wij in het mede door de waarneming geleerde feit, dat wanneer hemelligchamen om een ander grooter hemelligchaam draaijen, de banen der eerste doorgaans nagenoeg in het omwentelingsvlak des aequators van het tweede gelegen zijn, een bewijs gevonden voor de verdeling van den nevel in verschillende stelsels van concentrische ringen. Eindelijk hebben wij gezien, hoe de eenmaal gloeiend gesmolten toestand van alle hemelligchamen als van zelf uit de hypothese voortvloeit, dat zij vroeger gasvormig waren.

Waar wij afwijkingen gevonden hebben van den door de hypothese gevorderden regel, hebben wij die afwijkingen geenszins verzwegen, doch meenen tevens te hebben aangetoond, dat er redenen genoeg kunnen worden gegeven, waardoor zij verklaard kunnen worden, redenen, die geput zijn uit onze kennis van den aard der stof en van de haar in beweging brengende krachten, zonder dat het noodig is de eene veronderstelling op de andere te stapelen. Integendeel, wij meenen veilig te mogen beweren, dat eene volkomene overeenstemming met de hypothese in haren eenvoudigsten vorm, gelijk zij in den aanvang door ons is voorgesteld, eene onmogelijkheid is, en dat het betrekkelijk gering getal der afwij-

kingen van den uit haar voortvloeienden regel, veeleer voor dan tegen haar pleit.

Inderdaad, indien wij alles zamenvatten, dan dringt zich aan ons schier de overtuiging op, dat de vorming van ons zonnestelsel zoo en op geene andere wijze kan hebben plaats gegrepen, en op grond der analogie tusschen onze zon en andere vaste sterren, en der zekerheid, dat de wetten der aantrekkingskracht, welke den band tusschen de zon en de rondom haar draaijende planeten en wachters daarstelt, ook de verst afgelegen zonnen en zonnestelsels beheerschen, aarzelen wij niet aan de overige tallooze werelden die het heelal vervullen, eenen dergelijken oorsprong toe te kennen.

Zoolang het in de inductive wetenschappen geoorloofd is van het bekende tot het onbekende op te klimmen, zal het ook geoorloofd zijn eene hypothese als deze, waarvoor zoo vele en zoo goede gronden kunnen worden bijgebracht, eene hypothese, die in staat is voldoende rekenschap te geven van de meeste en gewigtigste bijzonderheden in de zamenstelling des zonnestelsels, voor gegrond te houden, totdat er feiten ontdekt worden, die daarmede zoo lijnregt in tegenspraak zijn, dat zij ons noodzaken haar vaarwel te zeggen. Tot dusverre echter zijn ons zulke feiten niet bekend, en daarom houden wij de gashypothese voor de meest waarschijnlijke, ja de eenige mogelijke bij den tegenwoordigen staat onzer kennis.

Doch eene hypothese, hoe vernuftig ook, hoe volkomen zij moge beantwoorden aan hetgeen men van haar eischt, namelijk verklaring der waargenomen verschijnselen, behoort altijd slechts tot het gebied der waarschijnlijkheid. Zij verheft zich slechts dan tot waarheid, tot een bestanddeel der zuivere wetenschap, wanneer de onmiddellijke ervaring er haar zegel op heeft gedrukt.

In het geval, waarmede wij ons hier bezig houden, zouden wij de hypothese eerst dan als voldingend bewezen kunnen beschouwen, indien wij de vorming van wereldstelsels onder onze oogen zagen plaats grijpen. Mogen wij dit immer hopen? Ik geloof neen. Nog voor weinige jaren werd die hoop echter door vele uitstekende mannen gekoesterd. Toen w. HERSCHEL met zijnen reusachtigen kijker de diepten des hemels peilde en daarin tallooze vurige nevels

ontdekte, waarvan sommige geen spoor van lichtstippen, andere eenige, wederom andere vele vertoonden, meende ook LAPLACE daarin zoovele wereldstelsels in de opvolgende toestanden hunner wording te zien. Doch sedert de nog reusachtiger kijker van lord ROSSE dezelfde nevelvlekken, waarin HERSCHEL niets dat naar eene verzameling van sterren geleeke kon ontdekken, werkelijk in sterren heeft opgelost, is het meer waarschijnlijk geworden, dat, naar gelang van het grootere vermogen des gebruikten werktuigs, meerdere en meerdere nevelvlekken voor oplossing vatbaar zijn. Deze grond voor de hypothese heeft derhalve zijne geldigheid genoegzaam geheel verloren, alhoewel men in de ring- en spiraalvormige gedaante van sommige der nevelvlekken nog het bewijs kan vinden, dat geheele sterrestelsels, gelijk zij waarschijnlijk zijn, nog algemeene middelpunten van aantrekking en beweging bezitten, even als de oneindig kleinere zonnestelsels.

Bij eene nadere overweging blijkt het trouwens, dat het eigenlijk eene onmogelijkheid is, om de vorming van werelden en wereldstelsels uit gas van den eersten oorsprong af gade te slaan. Dit gas wordt geenszins verondersteld in den aanvang reeds gloeiend en dus lichtgevend te zijn geweest. Integendeel wij nemen aan, dat het gas dit vermogen eerst verkreeg, nadat de verdigting reeds zeer gevorderd was. Vóór dien tijd was het even doorschijnend en even weinig zelflichtend als onze tegenwoordige dampkringslucht. Indien het derhalve nog ergens in de hemelruimte bestaat, dan zoude het zijne tegenwoordigheid alleen kunnen verraden door zijn vermogen om de doorvallende lichtstralen van rigting te doen veranderen, iets dat, de geringe digtheid zelfs buiten rekening gelaten, voor zulke buiten ons zonnestelsel geplaatste gasmassa's, om ligt in te ziene redenen, wel als eene onmogelijkheid mag beschouwd worden. Van het bestaan van zulke zelfstandige gasmassa's ergens in het heelal, kunnen wij derhalve geene kennis krijgen, en hiermede vervalt de poging, om aan de hypothese den eenigen geheel onomstootelijken grondslag te geven.

Echter bieden zich nog verschijnselen genoeg aan, die getuigen dat de verdigting nog geenszins haar einde bereikt heeft, maar dat zij integendeel nog steeds voortgaat.

Vooraf moet ik doen opmerken, dat de hypothese geenszins voor alle de stoffen, die den oorspronkelijken gasbol zamenstelden, waaruit ons zonnestelsel ontstaan is, eene voortdurende en gestadig voortgaande verdigting eischt, in dien zin namelijk, dat een zeker gedeelte gas allengs al minder en minder ijl, daarop, na den hoogsten trap van digtheid bereikt te hebben, een uit droppeltjes of blaasjes bestaande nevel zoude geworden zijn, welke droppeltjes dan zamenvloeiden en eindelijk door bekoeling vaste lichamen werden. Dit moge, wel is waar, de algemeene gang der verdigting zijn geweest, maar tevens mogen wij als hoogstwaarschijnlijk aannemen, dat vroeger reeds tot vloeibare en vaste lichamen verdigte stoffen, later weder gasvormig werden, wanneer zij met andere lichamen in aanraking kwamen, hetzij dan omdat deze eene hoogere temperatuur bezaten, of omdat door den stoot warmte geboren werd, om vervolgens wederom in den vloeibaren en vasten toestand over te gaan, al naar gelang van hunnen aard en van de omstandigheden, waaronder zij verkeerden. Dat er, behalve de grootere bollen, de planeten en hare manen, nog millioenen kleine lichamen rondom de zon wentelen, die van tijd tot tijd ook, wanneer zij in den kring van aantrekking onzer aarde komen, daarop nedervallen, wordt thans algemeen aangenomen. Wij mogen vermoeden, dat dit nedervallen van aërolithen zich niet enkel tot onze aarde beperkt, maar het voor waarschijnlijk houde, dat zij door ons geheele stelsel verspreid zijn, en dat gedurig ook andere der daartoe behoorende bollen daarvan hun aandeel ontvangen. Daar nu ons zonnestelsel, blijkens hetgeen de geologie leert, reeds sedert millioenen jaren bestaat, en dit nedervallen van aërolithen wel altijd evenzeer vroeger als thans zal hebben plaats gehad, zoo kunnen wij daaruit en uit hun aanzienlijk getal, dat zich thans nog in verschillende kringvormige banen beweegt, besluiten tot het oneindig groot getal van aantrekkingsmiddelpunten, waar om heen zich de stof, na de verdigting, verzamelde. De aldus ontstane kleinere lichamen groepeerden zich natuurlijk rondom de grootere bollen, waar om heen zij rondwentelden, maar, — zoolang er nog sporen van niet verdigt gas waren, waardoor zij zich eenen weg moesten banen, — in al kleiner en kleiner wordende kringen of

eigenlijk in eene spiraallijn, zoodat zij het grootere hemelligchaam al meer en meer naderden en eindelijk daarop nedervielen. Uit-hoofde hunner kleinheid reeds tot vaste massa's gestold, werden zij wederom gesmolten, ja zelfs geheel of ten deele vervluchtigd, wanneer zij in de nog hevig gloeiende vloeibare massa's der grootere bollen nederstortten, of wel er ontstonden, door scheikundige werkingen, meer vluchtige verbindingen, die, — mede ten gevolge der door de wrijving, dat is door werktuigelijke kracht, voortgebragte warmte, — zich wederom met de overblijfselen van het gas vermengden. Werkelijk zien wij thans nog iets dergelijks gebeuren, wanneer een dier kleinere hemelligchamen onzen dampkring doorklieft, en de soms zeer lange staart van gloeiende vonken eene verbranding en vervluchtiging van deelen der oppervlakte verkondigt.

Men beschouwe dan ook deze voorstelling niet als de vrucht eener verhitte verbeelding. Integendeel zij vloeit bijna met zekerheid voort uit hetgeen wij nog zien gebeuren en ook uit de gashypothese zelve, welker hooge waarschijnlijkheid wij boven hebben aangetoond. Doch met nog grootere zekerheid volgt daaruit, dat de vergrooting van den omvang der planeten ook nog op eene andere wijze, dan door daarop nederstortende meteörolithen geschiedde. Wij zagen, dat de planeten niet uit eene enkele massa van gelijke digtheid bestaan, maar dat deze van de oppervlakte naar het middelpunt toe in digtheid toeneemt, en hebben daaruit het besluit getrokken, dat die kern vooral uit metalen bestaat, waaronder vele stoffen voorkomen, die zeer moeilijk voor smelting en vervluchtiging vatbaar zijn, en dus tot diegene behoord hebben, welke zich het eerst uit den algemeenen nevel hebben afgescheiden. Ofschoon nu ook sommige der stoffen, die thans bestanddeelen van de schors uitmaken, eene voor het minst even groote warmte tot hare vervluchtiging behoeven als de moeilijkst smeltbare metalen, zoo zijn er daarentegen andere, waarvan wij mogen aannemen dat zij nog als gas of nevel bestonden op een tijdstip, toen de overige stoffen zich reeds tot eene vloeibare massa verdigt hadden. Deze vluchtigere stoffen maakten derhalve toen bestanddeelen uit van den dampkring. Uit dien dampkring sloegen zich allengs de verschil-

lende stoffen in den vloeibaren of vasten toestand neder, doch werden, in aanraking met den gloeienden bol gekomen, wederom in damp veranderd, die zich weder verdigtte, om weder neder te vallen en gedeeltelijk weder vervluchtigd te worden en denzelfden kring nog tallooze malen te doorloopen, tot zoolang dat de oppervlakte des bols genoegzaam verkoeld was om eene blijvende verdigting te veroorloven.

Inderdaad laat het zich niet betwijfelen, dat de dampkring, die onze aarde omgaf, gedurende het tijdperk dat zij nog geheel en al gloeiend was, eene geheel andere zamenstelling moet bezeten hebben dan tegenwoordig. Wij willen hier echter daaromtrent geene gissingen opperen, maar doen alleen opmerken, dat al het water, dat thans de zeeën, meren, rivieren en beken vult, dat de geheele aardschors doordringt, zoodat het zelfs in de meest vaste rotsgesteenten niet geheel ontbreekt, eertijds als watergas een deel des dampkrings uitmaakte. Op de grenzen diens dampkrings, waar de warmte, die van de aarde uitstraalde, eenen geringeren invloed uitoefende, moest het zich verdigten tot nevel, tot wolken. Daaruit ontstond regen en die regen daalde neder, doch bereikte in den aanvang de aardoppervlakte niet, daar hij reeds op eenigen afstand daarvan weder in damp veranderd werd. Op een veel later tijdstip, toen de oppervlakte reeds verkoeld was tot aan het kookpunt van water, konden hevige regenvlagen welligt tot op den vasten bodem nederdalen en daar plaatselijke waterophoopingën doen ontstaan, die echter spoedig weder moesten verdwijnen, totdat eindelijk de temperatuur der schors beneden het kookpunt gedaald was. Toen eerst konden zich de dalen blijvend met water vullen. Nog veel later werd, ten gevolge van den meer en meer verminderenden invloed der aardwarmte, de mogelijkheid geboren, dat een gedeelte van dit water in vasten toestand overging, d. i. tot ijs stolde.

Wat nu in lang verloopenen tijden plaats greep, gaat in werkelijkheid thans nog voort. De dampkringen, die onze aarde, verscheidene planeten en de zon omgeven, zijn te beschouwen als de overblijfselen van het oorspronkelijke gasmengsel, bestaande uit de het minst voor verdigting vatbare stoffen. Maar die verdigting heeft daarom

niet opgehouden. Zij gaat in onzen dampkring nog gestadig voort, alhoewel dan ook zoo uiterst langzaam, dat zij, als blijvende verdigting, aan onze waarneming ontsnapt. Het watergas wordt tot nevel, deze tot water, en dit verandert in ijs. Nu blijkt ons wel niet, dat binnen historischen tijd de aarde zooveel warmte verloren en zooveel minder warmte van de zon ontvangen heeft, dat de gezamenlijke hoeveelheid ijs aan de aardoppervlakte grooter zoude zijn dan b. v. voor 4000 jaren, maar theoretische gronden, wier juistheid bezwaarlijk kan ontkend worden, maken het toch meer dan waarschijnlijk, dat deze vermindering van temperatuur door uitstraling van warmte in de ruimte werkelijk plaats grijpt, maar alleenlijk te gering is om binnen het betrekkelijk korte tijdsbestek, dat wij den historischen tijd noemen, merkbaar te wezen, en zulks te minder, omdat naauwkeurige waarnemingen en temperatuurs-bepalingen nog van zeer jeugdige dagteekening zijn. Zelfs indien, hetgeen mogelijk is, de hoeveelheid warmte, die onze aarde geregeld van de zon ontvangt, groot genoeg is om tegen de uitstraling op te wegen, zoodat er nu een toestand van evenwigt bestaat, dan kan die evenwigtstoestand toch niet eeuwigdurend zijn, dewijl de zon zelve voortdurend warmte in de ruimte uitstraalt.

De allengs voortgaande verdigting van het watergas aan de oppervlakte onzer planeet levert ons derhalve een beeld van hetgeen in vroegere tijdperken is geschied, toen de dampkring nog vele stoffen bevatte, die wij thans in geheel verdigten, vasten toestand als bestanddeelen der aardschors kennen.

Gestadig heeft er ook eene verdigting of liever eene vastlegging plaats van de overige gasvormige bestanddeelen van onzen dampkring, van het zuurstof-, stikstof- en koolzuurgas, doch voornamelijk door bemiddeling van het organische leven en derhalve op scheikundigen weg, terwijl diezelfde gassen weder langs denzelfden weg in de atmosfeer terug keeren. Zij ondergaan dus geene verdigting in den hier bedoelden zuiver mechanischen zin. Of deze immer zal kunnen plaats grijpen, is eene vraag, bij welke wij eigenlijk niet hebben stil te staan, daar de hypothese geenszins eenen onbegrensden voortgang der verdigting vordert. Alleenlijk mogen

wij aannemen, dat deze voor het koolzuur tot de mogelijkheden behoort, omdat het aan de kunst gelukt is, dit in een vast ligchaam te veranderen, maar voor de beide andere gassen ontbreken ons alle op werkelijke ervaring steunende gronden.

De sterrekundigen houden de witte, tijdelijk kleiner wordende vlekken aan de polen van Mars voor sneeuw of ijs. Is deze duiding juist, dan volgt reeds daaruit, dat Mars eenen dampkring bezit en dat ook hier eene verdigting van watergas plaats heeft, even als aan de oppervlakte van onzen aardbol, en, wederom even als bij dezen, moet men dan ook bij Mars tot eene langzame toeneming van het ijs gedurende den loop der volgende eeuwen besluiten.

De condensatie van het watergas tot water en ijs is het eenige ons bekende zekere voorbeeld van den nog voortgaanden overgang van eene stof uit den gasvormigen in den vloeibaren en vasten staat, op de wijze gelijk wij ons voorstellen, dat dit eenmaal bij alle overige vaste lichamen is geschied. De vraag ontstaat echter: of dan andere feitelijke bewijzen voor de nog voortgaande verdigting van overblijfselen des vroegeren nevels geheel ontbreken? De opmerkelijke veranderingen, die O. STRUVE in den laatsten tijd aan den ring van Saturnus meent te hebben waargenomen, zoo zelfs, dat hij daaruit tot eene na geen zeer lang tijdsverloop toekomstige zamenvloeiing met de planeet zelve meende te moeten besluiten, zouden als zoodanig kunnen worden aangevoerd, indien zij niet op gebrekkige gegevens steunden, gelijk de hoogleeraar KAISER, (zie *Verslag en Mededeel. d. Kon. Akad. van Wetens.*, Dl. III, 1855, bl. 186) onlangs, onzes inziens, op overtuigende gronden heeft aangetoond. Verder wordt door velen als een overblijfsel des nevels het zodiakaallicht beschouwd, dat als eene schijf of ring de zon omgeeft. Ook de kometen, die meestal zoo doorzigtig zijn, dat men er de sterren doorheen kan zien, worden hier genoemd.

Welke voorstelling men zich nu ook vormen wil van de stof, waaruit zoowel het zodiakaallicht als de kometen bestaan, zoo is het duidelijk dat deze geen gas kan zijn. Gas alleen toch zoude het licht niet terugkaatsen, en bovendien zouden de daardoor heen vallende lichtstralen eene breking ondergaan, hetgeen met de waar-

neming in strijd is. Het moeten derhalve opeenhooping van kleine lichamen zijn, met tusschenruimten, groot genoeg om de lichtstralen van daar achter gelegen voorwerpen meerendeels door te laten. Dat de nevelachtige massa der kometen niet volmaakt doorschijnend is, hebben de waarnemingen van BESSEL en van STRUVE geleerd. Welke overigens de vorm, de aard en de grootte der deelen van den nevel zijn, en of deze door hunne onderlinge vereeniging voortgaat zich te verdigten, zijn vragen, die wij niet met zekerheid vermogen te beantwoorden.

Wat het laatste punt, de voortgaande verdigting betreft, zoo schijnt de bij sommige kometen waarneembare kern daarop te duiden, en welligt mogen de vormveranderingen, die bij eenigen zijn waargenomen, en vooral de zoo merkwaardige splitsing der Bielsche komeet op het einde van 1845, waardoor twee kometen ontstonden, die te zamen haren weg rondom de zon vervolgden, daarin hare verklaring vinden. Duidelijk althans is het, dat daarbij in den kometennevel twee middelpunten van aantrekking ontstaan zijn, om elk van welke zich een gedeelte des nevels ophoopte, ongeveer op dezelfde wijze, als wij ons vroeger de scheiding der algemeene nevelmassa in bijzondere nevelbollen hebben voorgesteld.

De verschijnselen, welke de vorming van den staart oplevert, naar gelang de kometen in de nabijheid van de zon komen, wijzen bovendien aan, dat die verdigting af- en toeneemt met de inwerking der zonnewarmte. Deze invloed van het verschil in zonnewarmte, welke de kometen op onderscheidene tijden van haren omloop ontvangen, neemt natuurlijk toe met de excentriciteit der banen, en daar deze bij verreweg de meeste kometen hoogst aanzienlijk is, zoo moet ook het verschil in digtheid bij haar hoogst aanzienlijk zijn, en over het algemeen het geringst in dat gedeelte harer baan, waarin zij zich aan ons oog vertoonen. Werkelijk heeft de waarneming geleerd, dat, waar eene kern zichtbaar is, deze kleiner wordt, naar gelang de komeet tot de zon nadert (VALZ, door VON HUMBOLDT aangehaald, *Kosmos* III p. 567). Omgekeerd mag men dus met eenigen grond tot een grooter worden der kern besluiten, naar gelang de komeet zich van de zon verwijderd. Ware

het ons gegeven eene komeet, wier omlooptijd honderde jaren bedraagt, op haren geheelen weg rondom de zon met het gewapend oog te volgen, dan zouden wij haar misschien, wanneer zij op genoegzaam verren afstand van de zon was gekomen, als een planetarisch ligchaam met scherpe omtrekken waarnemen. De Halleysche komeet is werkelijk in 1836 door J. HERSCHEL (*Outlines of Astronomy*, p. 352) in eenen daartoe naderenden toestand gezien, ofschoon het niet te ontkennen is, dat sommige der daarbij waargenomen verschijnselen niet alleen door eene voortgaande verdigting kunnen verklaard worden.

LAPLACE (*Exposition du système du monde*, 4^{me} édit. Paris 1813, p. 436) heeft in zijne hypothese van de wording van ons planetenstelsel de kometen buitengesloten. Volgens zijne meening zijn zij: "te beschouwen als kleine nevelmassa's (*nebuleuses*) die van het eene zonnestelsel naar het andere dwalen, en gevormd zijn door de verdigting van de in zoo grooten overvloed door het heelal verspreide nevelstof." Oogenschijnlijk levert dan ook het groote verschil tusschen de kometen en de planeten, ten aanzien harer stofelijke samenstelling, maar vooral de tegengestelde rigting, waarin vele der eerstgenoemde rondom de zon loopen, gewigtige bezwaren op tegen de stelling, dat zij als gedeelten te beschouwen zijn van denzelfden gasbol, waaruit de zon met de planeten en wachters haren oorsprong hebben genomen. Echter zij het ons vergund te vragen: of men niet te ver zoude gaan door, op grond dezer bezwaren, in alle kometen zonder onderscheid vreemdelingen te zien, die slechts dan hunne intrede in ons zonnestelsel gedaan hebben, wanneer dit, op zijnen togt door het heelal, zulk eene nevelmassa, welke tot daartoe tot een ander stelsel behoorde, ontmoette, en deze digt genoeg bij de zon kwam, om daardoor van haren vroegeren weg te worden afgeleid? Opmerkelijk toch is het verband, waarop vooral J. HERSCHEL (*Outlines*, p. 373) oplettend heeft gemaakt, tusschen de regtloopende beweging der kometen en eene geringe helling harer banen op de ecliptica. Onder diegene, welker elliptische loopbanen berekend zijn, is geen enkele, die eene geringere helling dan 17° heeft, teruglopend. Van de zes binnen-

kometen, die allen regtlopend zijn, hebben de banen van vijf hellingen van slechts 30 tot 130. Alleen bij de komeet van BROSEN bedraagt zij 310. In het algemeen mag men dus stellen, dat de kometen, wier banen het meest naderen tot het vlak van den zon-aequator, doorgaans ook in gelijken zin als de planeten rondom de zon draaijen, en dit leidt tot het vermoeden, dat er onder de kometen vele zijn, die met de planeten eenen gemeenschappelijken oorsprong hebben gehad. De mogelijkheid toch, dat de kometen ontstaan zijn in de verst verwijderde gedeelten van den gasbol, en dat zij daarom uit de minst voor verdigting vatbare stoffen bestaan, laat zich geenszins ontkennen. Hiermede schijnen, wel is waar, de binnenkometen in strijd te zijn, doch deze strijd vervalt door aan te nemen, dat de kometen, welke thans op haren versten afstand van de zon nog binnen de Neptunusbaan blijven, vroeger daar buiten gelegen waren. Op tweederlei wijze kan men, uitgaande van werkelijk waargenomen feiten, de verandering van buitenkometen in binnenkometen verklaren. Vooreerst is het genoeg bekend hoe groote veranderingen de loopbanen der kometen, uithoofde van de geringheid harer massa, door den invloed der planeten ondergaan, in welker nabijheid zij komen. Beroemd is ten dien aanzien het voorbeeld van de Lexellsche komeet, welke eenmaal eene binnenkomeet was, met eenen omlooptijd van slechts vijf en een half jaar, maar in 1767 en 1779 zoo nabij het Jupitersstelsel kwam, dat de baan eenen geheel anderen vorm aannam en de omlooptijd geheel veranderd werd. Het is derhalve geenszins onwaarschijnlijk, dat ook de tegenwoordige binnenkometen eenmaal door eene dergelijke storing uit hare vroegere banen zijn gerukt.

Maar ten tweede hebben de waarnemingen van de komeet van ENCKE geleerd, dat haar baan al korter en korter wordt, en dat zij gevolgelijk de zon, in de rigting eener gewondene spiraallijn, meer en meer nadert. Men heeft dit verschijnsel verklaard door den wederstand, dien de komeet ondervindt bij hare doorklieving van den het heelal vullenden ether, waarbij de vraag oprijst, of die ether, door welks trillingen wij kennis krijgen van de aanwezigheid der verst verwijderde hemellichten, wel iets anders is dan het laatste en

meest ijle overblijfsel van het vroegere wereldgas. Doch dit in het midden latende, zoo mogen wij uit het voorbeeld van de Enckesche komeet besluiten, dat ook de loopbanen van andere kometen op eene dergelijke wijze als van deze en door dezelfde oorzaak allengs zoodanig verkleind kunnen zijn, dat deze eindelijk binnen de banen der planeten zijn gekomen, ofschoon zij vroeger daar buiten waren.

Wij willen ons echter niet verder begeven in het wijde veld van gissingen, waartoe de in zoo velerlei opzigten raadselachtige natuur der kometen nog steeds aanleiding geeft. Het zij voldoende te hebben aangetoond dat de verschijnselen, welke zij ons, tijdens haar kortstondig verblijf in onze nabijheid, aanbieden, geenszins in strijd zijn met de door ons beschouwde hypothese. Alleenlijk voegen wij nog hierbij, dat sommigen sporen van eene eigene lichtontwikkeling bij kometen meenen te hebben waargenomen, hetgeen als het gevolg der verdigting zoude kunnen worden beschouwd, op gelijke wijze als de overige bollen van ons planetenstelsel daardoor in gloedwarmte zijn geraakt. Bij de groote onzekerheid die hieromtrent echter bestaat, willen wij bij deze lichtontwikkeling niet blijven stilstaan, maar liever nog de vraag trachten te beantwoorden: hoe het komt, dat, terwijl de planeten en wachters reeds sedert lang donkere bollen zijn geworden, de zon nog steeds voortgaat warmte en licht met, naar het schijnt, onverminderde kracht uit te stralen?

Dat de zon nog eenen zeer geruimen tijd, nadat de oppervlakten der overige bollen, die rondom haar zweven, reeds verkoeld waren, in gloeienden staat is gebleven, kan ons niet verwonderen, daar men weet, dat hare massa alleen 738 maal meer bedraagt dan die van alle planeten en manen te zamen. Maar toch moet zij steeds warmte verliezen, en het is meer dan waarschijnlijk, dat dit verlies groot genoeg is, om, na verloop van eenige eeuwen, merkbaar te zijn. Nu schijnt het echter, uit hetgeen wij weten aangaande de vroegere en latere verspreiding van vele van ouds gekweekte planten, te blijken, dat, sedert omstreeks 4000 jaren, de gemiddelde warmte der aardoppervlakte weinig of geene verandering heeft ondergaan, en derhalve moet er eene bron bestaan ter onderhouding der zonnewarmte.

HELMHOLTZ (in zijne reeds meermalen aangehaalde verhandeling, p. 40) zoekt die warmtebron in de voortgaande verdigting der zon zelve. Hij heeft berekend, dat, indien de zon in 2100 jaren slechts $\frac{1}{10000}$ van hare tegenwoordige grootte kleiner wordt, door de daartoe vereischte werktuigelijke kracht warmte genoeg zoude worden voortgebracht, om het geheele door uitstraling geleden verlies te dekken.

Eene tweede iets meer gewaagde, ofschoon daarom nog geenszins van allen grond ontbloote veronderstelling aangaande de wijze waarop de zonnwarmte gevoed wordt, is de volgende.

Reeds gewaagden wij van de myriaden van kleine lichamen, die, bekend onder de namen van luchtsteen, vallende sterren, aërolithen, meteörolithen, zich in de ruimte van het planetenselsel bewegen, en waarvan, te oordeelen naar hetgeen op aarde geschiedt, er telkens eenige op de grootere bollen nedervallen, in welker aantrekkingskring zij geraken. In 1852 opperde WATERSTON in de vergadering der *British Association* het vermoeden, dat de warmte der zon onderhouden wordt door de werktuigelijke kracht, uitgeoefend door zulke daarop vallende lichamen. Dit denkbeeld werd opgevat en nader uitgewerkt door THOMSON (*Compt. rendus* 1854, XXXIX p. 682, uitvoeriger in het *Philos. Magazine* 1854, Dec. p. 409), die, na aangetoond te hebben, dat noch eene opeenhooping van oorspronkelijke warmte, noch scheikundige werkingen de voortdurende warmte-ontwikkeling der zon kunnen onderhouden, in de genoemde werktuigelijke kracht de eenige overblijvende bron ter voortbrenging van warmte ziet. THOMSON verklaart dan die warmte-ontwikkeling aan de oppervlakte der zon door aan te nemen, dat meteörolithen, die zich binnen de loopbaan der aarde bevinden, en kringen rondom de zon beschrijven, daardoor aangetrokken, in haren dampkring hunne draaijingsnelheid meer en meer verliezen, zoodat zij tot de zon naderen en, in hare onmiddellijke nabijheid gekomen, eerst in damp veranderen, die zich vervolgens tot den vloeibaren toestand verdigt en zich eindelijk op de oppervlakte der zon of van hare inwendige kern afzet. Door eene berekening, gegrond op het bekende mechanische equivalent der warmte, heeft THOMSON gevonden, dat, om geheel rekenschap te geven van de

hoeveelheid warmte, welke door de zon wordt uitgestraald, eene jaarlijksche afzetting van stof aan de zonsoppervlakte ter hoogte van 18 ellen vereischt zoude worden; eene hoeveelheid, waardoor de schijnbare middellijn der zonnescijf in 40,000 jaren niet meer dan 1 seconde grooter zoude worden, zoodat derhalve de toeneming van de grootte der zon veel te gering zoude wezen om binnen een tijdsbestek van eenige duizende jaren merkbaar te zijn.

Of eene dezer beide veronderstellingen, of wel beide te zamen, geheel voldoende zijn om rekenschap te geven van de onverzwakte voortdoring der zonnewarmte, en of zij door werkelijke waarnemingen bevestigd zullen worden, zijn vragen, die aan latere eeuwen ter beantwoording zijn overgelaten. Maar duidelijk is het, dat beide geheel passen in de door ons ontwikkelde voorstelling van de wording en voortgaande verdigting van het geheele zonnestelsel. Dat door het digter worden der zonnemassa warmte kan worden geboren, laat zich niet betwijfelen; bij elk gedeelte dier massa, welke uit den gasvormigen in den vloeibaren en uit dezen in den vasten toestand overgaat, moet warmte vrij worden. Evenzeer mag men aannemen, dat van de millioenen kleine ligchamen, die zich in banen rondom de zon bewegen en gedeeltelijk welligt behooren tot den zonderlingen nevelachtigen ring, welken wij gewoonlijk het zodiakaallicht noemen, er telkens eenige, al kleinere en kleinere spiraallijnen rondom het groote centraalligchaam van ons stelsel beschrijvende, eindelijk daarop vallen.

De kometen, die, door de geringheid harer massa, slechts weinig in weerstandbiedend vermogen boven de meteörolithen vooruit hebben, naderen ook, bij elken harer omloopen, daartoe al meer en meer. Wij hebben beleefd, namelijk in 1843, dat een groote komeet op eenen afstand van slechts $\frac{1}{4}$ van den straal der zon langs hare oppervlakte is voorbij gegaan. Op dien betrekkelijk uiterst geringen afstand was zij blootgesteld aan eene warmte 47000 maal grooter dan die, welke onze aarde van de zon ontvangt.

Geldt nu ook hetzelfde van de veel grootere en zwaardere hemelligchamen, die in slechts weinig van cirkels verschillende ellipsen de zon omzweven? Komt ook onze aarde en met haar de overige

planeten, op elken harer omloopen, iets nader tot haar? Wij mogen deze vraag stellen, al hebben ook de gegevens, waarover de sterrekunde beschikt, tot hiertoe volstrekt geene verkorting doen kennen in den omloopstijd van de aarde rondom de zon. Wat toch, — wij herhalen het nog eens, — is het verste tijdstip waartoe de geschiedenis des menschen reikt, in vergelijking met die oneindig lange tijdruimte, welke de geschiedenis van het zonnestelsel reeds omvat en zal omvatten! Het is hier niet de vraag of deze toenadering in duizende, in millioenen, ja in billioenen van jaren bespeurbaar zal wezen, maar of zij, volgens de regelen eener gezonde analogie, als werkelijk bestaande, hoewel dan ook uiterst gering, moet worden aangenomen. En inderdaad, indien wij bedenken, dat dezelfde ether, die de beweging der Enckesche komeet vertraagt, zich ook op den weg van alle andere hemelligchamen bevindt, dat deze dus ook dien vertragenden invloed, zij het dan ook in nog zoo geringe mate, ondervinden, dan komen wij tot het noodzakelijk besluit, dat, zoolang de ether in onverdigten toestand het heelal vervult, er toenadering zal wezen tusschen de om elkander zich bewegende hemelbollen. Is dit zoo, dan versmelten, in een eindeloos ver verschiet, achtereenvolgens de wachters met hunne planeten, en deze op hunne beurt met de zon. Bij elke vereeniging zal eene geweldige warmte ontwikkeld worden, het voortbrengsel der mechanische kracht, welke dan tot stilstand komt. HELMHOLTZ (l. c. p. 28) heeft berekend, dat, indien onze aarde in de zon viel, de hoeveelheid ontwikkelde warmte zoo groot zoude wezen als 5600 uit zuivere kool bestaande aardbollen bij hunne verbranding zouden voortbrengen. Indien derhalve de voorraad van meteörolithen eindelijk uitgeput raakt, dan leveren de overige tot ons planetenstelsel behorende lichamen nog eene rijke bron ter onderhouding der zonnearmte. Doch eindelijk, wanneer de laatste der planeten met de zon zal zijn zamengesmolten, en zij nog slechts warmte uitstraalt, zonder dat deze voortaan meer gevoed wordt, dan zal ook de zon een duister ligchaam worden, en, ten gevolge der inkrimping, vermoedelijk veel kleiner dan zij thans is, want aan hare geheele massa zal, door de opneming van alle planeten en wachters, slechts $\frac{1}{7\frac{1}{2}}$ zijn toegevoegd.

Vergeeten wij hierbij echter niet, dat ons zonnestelsel, hoe groot het ons ook toeschijnt, slechts een deel uitmaakt van een nog veel onmetelijker grooter stelsel. Voor dat alle de genoemde zamensmeltingen hebben plaats gegrepen, zal onze zon met den haar omzwevendenden stoet reeds in andere gewesten des heelals zijn doorgedrongen, en wie zal het wagen te voorzeggén, wat daarvan het gevolg zal zijn! Doch, indien wij, toegevendé aan onze verbeelding, de zon ook op dien togt vergezellen, wanneer wij bedenken dat het eene stelsel zich rondom het andere beweegt, ja welligt alle sterrestelsels rondom één gezamenlijk middelpunt, en nu de boven gevoerde redenering tot aan hare uiterste gevolgtrekking voortzetten, dan zien wij niet alleen manen met planeten, planeten met zonnen, maar zonnestelsels met zonnestelsels, sterrestelsels met sterrestelsels tot éénen wereldbol zamensmelten.

Eerst dan zal de eindpaal der verdigting en tevens het einddoel der Schepping bereikt zijn.

Nog een enkel woord ten besluite tot mijne lezers.

Wij hebben met onzen geest trachten door te dringen tot in het verst verledene en de verste toekomst der stoffelijke schepping. Ontveinzen wij het ons echter niet, dat, even als het licht, hetwelk ons het bestaan van een verwijderd voorwerp verkondigt, in snel toenemende reden verzwakt, naar gelang de stralen of ethertrillingen eenen langeren weg hebben te doorloopen, zoo ook het licht der wetenschap, waar het in den nacht der tijden straalt, in helderheid afneemt, naar mate het verledene en de toekomst verder van het tegenwoordige verwijderd liggen.

Hij, die naar waarheid streeft, houdt het oog gevestigd op een zich in het verschiét vertoonend, nog in nevelachtig duister gehuld maar heerlijk schoon ideaal. Al wanhoopt hij ook het immer te bereiken, omdat de weg eindeloos lang schijnt, toch tracht hij het te naderen, maar daartoe behoeft hij krukken. Die krukken zijn de hypothesen. Hij strompelt daarop voort, zoolang zij nog in staat zijn hem voorwaarts te dragen. Zijn zij onbruikbaar geworden, dan

werpt hij ze weg en zoekt naar andere. De geschiedenis der geheele natuurwetenschap is daar om te bewijzen hoe nuttig, ja volstrekt noodzakelijk die krukken zijn. Slechts hoede men zich voor het gevaar van te meenen, dat men in haar het ideaal zelve reeds aanschouwt, en zoo het middel te verwarren met het doel.

Toen COPERNICUS de voorwaar in zijnen tijd stoute stelling uitsprak, dat de aarde zich met de overige planeten rondom de zon beweegt, was die uitspraak nog slechts eene hypothese, want, hoewel zij rekenschap gaf van de bekende verschijnselen, konden deze toch ook, ofschoon op eene veel omslagtiger wijze, langs eenen anderen weg even goed verklaard worden. Het was aan de latere vorderingen der wetenschap voorbehouden de onwederlegbare bewijzen te leveren, dat de hypothese van COPERNICUS de eenige mogelijke is, en haar tot eene stellige waarheid te verheffen.

De beide hypothesen, die ter verklaring der lichtverschijnselen zijn uitgedacht, bieden ons een ander voorbeeld aan. De trillings-hypothese van onzen HUYGENS moest lang onderdoen voor de uitstralings-hypothese van NEWTON, die eenvoudiger scheen en evenzeer in overeenstemming met de waarnemingen was, totdat eindelijk verschijnselen ontdekt werden, welke zij niet vermogt op te lossen, terwijl hare mededingster daarentegen hiertoe wel in staat was, en hiermede had de laatste de eindelijke zege behaald, zoodat de door NEWTON gegeven verklaring van den aard des lichts algemeen als onjuist erkend en verworpen werd.

Zullen de hypothetische beschouwingen, in de vorige bladzijden medegedeeld, in hetzelfde lot deelen? Zullen ook zij eenmaal voor goed verworpen en voor andere meer juiste en ware plaats maken? Niemand vermag hierop thans een stellig antwoord te geven. Maar mogt de wetenschap eenmaal zoo grooten vooruitgang hebben gemaakt, dat dit mogelijk is geworden, en mogt het dan gebleken zijn, dat die beschouwingen niets meer dan droomen waren, dan nog blijft de gedachte troostrijk gedroomd te hebben met eenen KANT en eenen LAPLACE.