

EENHEID EN VERSKEIDENHEID IN DIE FISIKA

As ons die stoflike natuur om ons betrag sal ons 'n groot verskeidenheid van voorwerpe en verskynsels opmerk met ons sintuie. So is daar bv. 'n groot verskeidenheid van kleure, harde en sagte voorwerpe, warm en koue voorwerpe, nat en droë voorwerpe, vaste stowwe, vloeistowwe en gasse, en so meer. Die sintuiglike natuur met sy groot verskeidenheid het dan ook al baie penne van skrywers, digters en komponiste en kwaste van skilders in beweging gebring en geïnspireer. Maar ook die Natuurwetenskaplikes vind hulle inspirasie in die grootse skepping van God. Hulle soek en beskryf die eenheid in die veelheid van die natuur, die algemene in die besondere. Hulle streef na orde en maat, na soberheid en beperking. Daardeur kan 'n groot verskeidenheid van verskynsels en voorwerpe met mekaar in verband gebring word en betrek word in 'n eenheid van orde en harmonie.

Om hierdie gedagtes verder uit te werk, laat ons by die sterrekunde begin wat seker een van die oudste natuurwetenskappe is. Selfs die eerste mense op aarde moes vertrouwd gewees het met die beweging van die son om die aarde en die periodieke herhaling van die opeenvolgende fases van die maan (donkermaan, nuwe maan, volmaan, ens.). Hulle moes alreeds tyd kon afmeet in dae en maande en in jare deur die herhaling van seisoene (winter, lente, somer en herfs). Hulle moes ook al 'n idee gehad het van hoeveel dae daar in 'n jaar is. Langsamerhand het die mense se belangstelling in die hemelliggame ook toegeneem. Gegewens uit die Babiloniese tyd van so vroeg as 3800 jaar voor Christus dui daarop dat die hemelruim al lank reeds noukeurig (met die blote oog!) deur deskundiges waargeneem moes gewees het. Dit is al vroeg reeds ontdek dat die son, maan en die planete nagenoeg dieselfde weg deur die sterrehemel volg. Deur die waarnemings oor honderde jare noukeurig aan te teken was dit moontlik om belangrike sterrekundige kringlope te ontdek soos die tye van wisseling van die son van keerkring tot keerkring en terug (d.i. die jaargety) en die omwenteling van die planete, asook die periode van die Saroskringloop (d.i. die tyd waarin die son, maan en aarde 'n volledige siklus van beweging ten opsigte van mekaar maak, wat 18 jaar en 11.3 dae of 223 maan-maande bedra). Gedurende die tyd is daar 'n definitiewe aantal verduisterings van die son en die maan. As dan die opvolging van verduisterings gedurende 'n Saroskringloop

nagegaan word kan hulle presies en ver vooruit voorspel word. Die Galdeërs kon nie verduisterings tot op 'n minuut voorspel soos moderne sterrekundiges nie, maar hulle kon dit wel tot op 'n uur vooruit voorspel. En dit alles van blote oog-waarnemings. Dit het baie en geduldige werk moes kos met sistematisering oor eeue. Tog het hulle waarnemings alreeds reëlmatige herhaling van verskynsels in die hemelruim aan die lig gebring. Dit blyk dus alreeds vroeg dat sons- en maansverduistering nie willekeurig voorkom nie, maar dat daar orde is in hulle voorkoms en dus ook orde in die beweging van die onderskeie hemelliggame.

Die Galdeërs het alleen waargeneem en hulle sterrekundige resultate noukeurig aangeteken en reëlmatighede opgemerk, maar het blykbaar nie teorieë geformuleer of probeer om die beweging van die hemelliggame te verklaar nie. Verklaring van die beweging van die hemelliggame kry ons eerste by die Griekse wysgere. Die Grieke was alleen begaan oor die werking van die sonnestelsel, wat vir hulle bestaan het uit die aarde in die sentrale posisie en die son, maan en die vyf destyds bekende planete, wat almal om die aarde draai. Die sterre was vir hulle eenvoudig punte van juweel wat skitter aan 'n buitenste bol naburig aan die son, maan en planete. Dit is insiggewend om die ontwikkeling van die teorieë van die Griekse wysgere te volg. Thales (624—547 v.C.) het geglo dat die aarde 'n skyf is wat in water dryf. Sy leerling Anaximander het nie van die idee dat die aarde ondersteuning nodig het om in sy plek te bly, gehou nie. Hy het geglo dat die aarde gebalanseer word in die middel van die heelal. Pythagoras (570—504 v.C.) beskou die heelal as 'n bol wat om 'n as roteer wat deur die middel van die aarde gaan terwyl die aarde stilstaan. Eudoxus (407—355 v.C.) beskou weer 'n aantal konsentriese bolle van kristal sodat hulle deursigtig is met middelpunte in die middelpunt van die aarde, en met die son, maan en planete elk aan 'n bol. Deur die bolle se gekombineerde beweging, die een binne die ander, en roterend elk om sy eie as, kon Eudoxus die beweging van elk van die hemelliggame soos dit waargeneem word verklaar. Die feit wat toe alreeds bekend was dat die beweging van die planete onreëlmatig is, nl. dat die planete soms lyk of hulle stilstaan en selfs terug beweeg kon hy verklaar deur 'n koppeling tussen die planeetholle onderling te veronderstel. Heraclides (388—315 v.C.) het die gewaagde hipotese na vore gebring dat die aarde nie stilstaan nie, maar om sy eie as in 24 uur roteer. Aristarchus (310—250 v.C.) aanvaar Heraclides se hipotese omtrent die rotasie van die aarde om sy eie as en stel die nog gewaagder hipotese dat nie die aarde nie, maar die son die middelpunt van die sonnestelsel is en dat die aarde en die planete om die son beweeg. Met hierdie hipotese het hy Copernikus wat byna 2000 jaar later geleef het, vooruit geloop. Aristarchus se hipotese het egter geen volgelinge gehad nie, want die Grieke kon nie glo dat die aarde nie die middelpunt van die sonnestelsel

en die heelal kon wees nie. Aristarchus het selfs rofweg die groottes van die son en maan en hulle afstande vanaf die aarde vasgestel. Ptolemeus (ongeveer 140 jaar n.C.) was die laaste welbekende Griekse sterrekundige. Hy het vir die eerste keer die toe bekende sterrekunde te boek gestel, maar sy benadering was geosentries en nie heliosentries nie.

Gedurende die Middeleeue het die sonnestelsel nog steeds die aandag van die sterrekundiges in beslag geneem. Sterre is nog steeds beskou as juwele wat skitter aan 'n kristalbol. Die beweging van die planete het die wetenskaplikes nog steeds dronkgeslaan, want hulle het nog altyd van Ptolemeus se geosentriese sonnestelsel uitgegaan. Copernicus (1473—1543) het die ingewikkelde geosentriese sonnestelsel van Ptolemeus vervang deur 'n veel eenvoudiger beeld vir die beweging van die planete en die aarde, deur die son as middelpunt aan te neem. Kepler (1571—1630), wat teen die einde van die Middeleeuse tydperk geleef het, het die eerste stap in die rigting van die moderne sterrekundige siening van die sonnestelsel geneem. Hy het van die begin van sy loopbaan as navorser geglo dat die heelal beheer word deur vaste matematiese wette en dat daar bv. eenvoudige geometriese en rekenkundige verbande tussen die bane van die verskillende liggame van die sonnestelsel moet bestaan. Hierdie verbande het hy dan ook ontdek na baie jare van moeitevolle arbeid. Die benadering van die fisiese probleme by Kepler is nog steeds Middeleeus. Platoniese en Neo-Platoniese oorweginge het Kepler tot die oortuiging gelei dat om die handewerk van God in die natuur te lees, dit neerkom op die verstaan van die verband tussen kwantiteite en meetkundige vorme. Volgens hom is daar 'n volledige ooreenstemming tussen die sintuiglike dinge — dit is die werke van God — en die matematiese en intellektuele wette — dit is die „gedagtes” van God. Uit „*Harmonices mundi*” (1619) die volgende aanhaling van Kepler: „Geometry, eternal like God, and shining forth from the devine Spirit, supplied God with the pictures for completing the world, so that it might be the best, the most beautiful, and the world that most closely resembled the Creator”. Luister ook na Kepler se voorwoord van sy „*Mysterium Cosmographicum*” (1596), wat ek vry vertaal: „Daar is drie dinge wat ho al die ander uittroon, waarvan ek die oorsake sonder ophou ondersoek het, nl. die aantal, grootte en beweging van die bane van die planete. Ek is aangespoor in my gewaagde pogings deur die lieflike harmonie van die voorwerpe in rus, nl. die son, die vaste sterre en die tussenkomende ruimte, wat God die Vader, God die Seun en God die Heilige Gees bevat.” Om God te prys moet ons die „boek” van die natuur lees. By die skepping van die wêreld het hy orde en wet gebruik en die mens nie alleen die sintuie nie maar ook die verstand gegee om van die bestaande dinge, wat hy met sy eie oë kan aanskou, ook die oorsake en redes van hulle bestaan en ontstaan te kan navolg. Volgens Kepler bestaan daar 'n volledige ooreenstemming tussen 'n mens se vermoë en

die realiteit van die skepping, waarin 'n allesomvattende harmonie weerspieël word.

Kepler het nie alleen die natuur as die handewerk van God beskou nie, maar hy het dit ook sinloos beskou om vrae omtrent die materiële wêreld te vra sonder verwysing na God. Die natuur word verstaan deur die mens se verstand deur middel van kwantiteit, en deur kwantiteit leer ons die wese van die natuur te ken.

Hierdie beïnvloeding van die wetenskap deur die wêreldsiening van die Middeleeue, wat die natuur primêr sien as deur God geskape, kry ons nie by Galileo, wat dieselfde tyd as Kepler geleef het nie. Waar in die Middeleeue geglo is dat die wêreld geskape is ter wille van die mens om met sy gees alles te verstaan en oor die wêreld en sy verskynsels te heers (ook in teoretiese sin) d.w.s. dat dit nie nodig is om te eksperimenteer en so van die natuur te leer nie, gaan Galileo daarvan uit dat die mens en sy gees hom by die natuur moet aanpas en van die natuur moet leer. Die wyse om dit te doen is deur te eksperimenteer. Ons bewerings of gevolgtrekkings moet altyd volg op waarneming en op ondervinding. Hiermee is dan die eksperimenteer- en waarnemingsmetode gebore, wat vandag nog steeds nagevolg word.

Waarneming alleen is egter sinloos as dit nie gelei word deur sekere beginsels en definitiewe denkreëls nie. Dit kom daarop neer dat eksperimentele waarneming moet bepaal of, en tot watter mate, sekere teoretiese begrippe of veronderstellings met waarneming ooreenstem. Selfs Leonardo da Vinci (1452 -1519) het dit verwerp as gedagtes nie gelei word deur die waarnemingskriterium nie. Waarneming kan alleen vrugbaar wees as dit op die basis van 'n hipotese of veronderstelling uitgevoer word, maar hierdie hipoteses of veronderstellings moet weer deur die eksperiment bevestig word. Vir Leonardo was wiskunde, waardeur uitgangspunte vir vrae aan die natuur deur middel van 'n eksperiment geformuleer kan word, die afdoende skakel tussen menslike begrip en die realiteit van die natuur.

Galileo se metodiese benadering en wetenskaplike waarneming van die natuur is opgevolg deur verskillende wetenskaplikes en het tot heelwat nuwe ontdekkings en prestasies gelei aan die einde van die 16e en die begin van die 17e eeu. In die tyd is wetenskaplike hipoteses opgestel sonder om die wese van die feite in aanmerking te neem, maar is uitsluitlik gegrond op matematiese en logiese geldigheid. Dit het dan ook duidelik geword dat hipoteses nie willekeurig deur die menslike verstand gemaak kan word nie, maar dat hulle in noue verband met die waarnemings van die natuur moet staan. 'n Natuurwetenskaplike se krag lê daarin dat hy eenvoudige verbande tussen spesifieke natuurverskynsels erken en dit tot begrippe veralgemeen, wat matematies beskryf en verwerk kan word

om so tot die verklaring van ander natuurverskynsels te kom. Verskynsels moet die natuurwetenskaplike inspireer om 'n hipotesis te formuleer, waarop waarneming en eksperimente gebou kan word.

Newton (1643—1727) was die eerste sistematiseerder van die moderne natuurwetenskap. Hy het hom laat lei deur sy eksperimentele waarneming en hy het die oorsake van dinge probeer soek en aflei uit die eenvoudigste beginsels, wat self verband moet hou met die eksperimentele werklikheid. Hy het 'n dubbele metode aanvaar en gevolg, nl. van analise en sintese. So is die kragte van die natuur en die eenvoudige wette waaraan hulle voldoen afgelei uit enkele verskynsels deur middel van analise, en deur sintese het dan die eienskappe van ander verskynsels moes volg. Laat ons dit verder verduidelik aan die hand van die grawitasiewet. Voor Newton het sommige wetenskaplikes gedink dat die swaartekrag 'n inherente eienskap is van alle liggame, ander het so iets vermoed, terwyl Newton nie daaroor gespekuleer het nie, maar die bestaan van swaartekrag gaan aantoon het deur die verskynsel self, deur middel van 'n eenvoudige eksperiment. Hy het aldus die wet waaraan swaartekrag voldoen, eksperimenteel vasgelê en daarin sy swaartekragsteorie gefundeer. Wette word dan nie van onsekere of spekulatiewe veronderstellings afgelei nie, maar van waarneming en eksperiment.

Van die verskynsels self en deur induktiewe veralgemenings het Newton insig verkry in die aard van beweging, die momentum van liggame en die wette van beweging en van swaartekrag. Deur veronderstellings waardeur begrippe soos massa, oorsaak, krag, traagheid, ruimte, tyd en beweging bepaal kon word, het Newton die eerste sistematiseerder van die moderne natuurwetenskap geword. Die dinge het nie meer los van mekaar gestaan nie, maar hulle is in verband met mekaar gebring deur analise en sintese. Let op die volgende aanhaling uit die eerste uitgawe (1687) van Newton se „*Philosophiae naturalis principia mathematica*” wat ek vry vertaal: „Die probleem van die natuurfilosofie skyn soos volg te wees — om van die verskynsel van bewegings die kragte van die natuur te ondersoek en om dan van hierdie kragte ander verskynsels te demonstreer . . . Sterrekundige verskynsels word afgelei van swaartekrag, waarmee liggame na die son en planete aangetrek word. Van hierdie kragte word dan deur ander veronderstellings, wat ook matematies is, die beweging van die planete, komete, die maan en die see afgelei. Ek wens dat ook die res van die verskynsels van die natuur deur dieselfde soort redenerings van meganiese beginsels afgelei kan word, want ek is oortuig deur baie redes dat hulle almal van bepaalde kragte afhang, waardeur die deeltjies van die liggame, deur tot nog toe onbekende kragte, óf onderling aangetrek en in reëlmatige figure saamgevoeg word, óf onderling afgestoot word en uitmekaar gaan. Waar hierdie kragte nog onbekend is, het wysgere tot nog toe sonder vrug die natuur ondersoek, maar ek

hoop dat die beginsels wat hier neergelê word wel lig sal werp hierop of op 'n suiwerder natuur-filosofiese metode.”

Waar vóór Newton die dinge ondersoek is ter wille van kwantitatiewe en matematiese orde, bv. die drie wette van Kepler vir die bewegings van die planete om die son, het Newton die beweging van dinge en verskynsels probeer verklaar. So het hy bv. tot die insig gekom dat die swaartekragveld van die son bepalend is vir die kwantitatiewe en matematiese orde van die beweging van die planete om die son. Die swaartekragveld van die son is dus die eenheidsbeginsel, waaruit Kepler se wette en die waargenome beweging van die planete noodwendig volg.

In die Middeleeue was die eenheid in die verskeidenheid van die natuur gesentreer in die mens in die sin dat alles deur God geskape en onderhou word ter wille van die mens. Nou vind ons by Newton 'n soeke na eenheid in die verskeidenheid deur middel van eksperimente, waaruit wetmatighede en begrippe verkry word wat verband hou met die empirie. Waar dit eers gegaan het om die self-evidensie van die dinge en verskynsels van die natuur, wat altyd in verband met die bestaan van die mens op die aarde gesien is, het dit nou gegaan om die abstrahering van begrippe en wetmatighede uit die natuur deur middel van eksperimente. Albei benaderings het die koördinering van verskynsels ten doel gehad, elk op sy eie manier, waardeur 'n eenheidsvisie oor die verskeidenheid ontstaan het.

Vanaf Newton is die metode waarop hy die meganika uitgebou het, toegepas op steeds breër en omvattender gebiede in die natuur. Besonderhede van natuurlike prosesse is geïsoleer en hulle wetmatighede bepaal. Net soos die ander natuurwetenskappe het fisika langs twee ewewydige weë, wat orals raakpunte het, ontwikkel. Langs die een weg het die empiriese deel ontwikkel, waardeur 'n steeds groeiende aantal verskynsels ontdek en geanaliseer kon word, terwyl langs die ander die teorie ontwikkel het, waardeur die waargenome feite en verskynsels verklaar en met mekaar in verband gebring kon word in 'n eenheidsstelsel en waardeur nuwe feite en verskynsels voorspel kon word om verdere eksperimentele werk te lei. So het eksperiment en teorie steeds hand aan hand gekom tot die magdom van kennis in die fisika van vandag.

Eers is die fisiese verskynsels bestudeer wat die maklikste waargeneem en nagevors kon word, soos die ewewig en die beweging van voorwerpe, bekend as die statika en die dinamika in die meganika. Net so is die verskynsel van geluid ondersoek, wat tot ons klankleer of akoestiek gelei het. Optika is ontwikkel uit die versameling van gegewens uit verskynsels met lig. Gedurende die negentiende eeu was die ontwikkeling in die fisika veral om die presiesheid en omvang van ons kennis in hierdie en ander vakgebiede, wat in die tyd ontwikkel is, te vergroot. So is in die tyd ook nuwe gebiede ontwikkel soos termodinamika en elektrisiteitsleer.

Die bemeestering van hierdie uiteenlopende verskynsels en feite-kennis, sowel teoreties as eksperimenteel, het gelei tot 'n groot hoeveelheid praktiese toepassings, vanaf die stoomwerktuie tot die draadlose telefonie.

Die negentiende-eeuse fisika het dan gekom tot 'n min of meer volledige beheer en harmonie van die stoffike verskynsels wat ons daaglik om ons opmerk. Ook die teoretiese ontwikkeling het tot 'n versadigingspunt gekom. Feitlik die hele toe bekende fisika kon teoreties in berekening gebring en verklaar word. Die elektromagnetiese teorie van Maxwell het die hele Optika beheers en verklaar, soos die brekings-, weerkaatsings- en polarisasiewette by isolatore en metale, nie alleen vir die sigbare gebied nie, maar ook by infrarooi- of warmtestrale, ultrapersstrale, en in die begin van die huidige eeu ook by Röntgenstrale en elektromagnetiese golwe soos radio- en radargolwe. Hierdie teorie het en lê vandag nog 'n verband en eenheidsiening tussen wyd uiteenlopende verskynsels soos warmte, sigbare lig, Röntgen- of X-strale, radar- en radiogolwe.

Die interferensie- en diffraksieverskynsels van lig, wat deur Fresnel ontdek is, kon alleen verklaar word deur 'n golfteorie vir lig te aanvaar. Christiaan Huygens en ander fisici het hierdie golfteorie verder uitgebou, terwyl Maxwell dit in sy elektromagnetiese teorie ondergebring het. Die golfteorie van die Optika het die korpuskulêre of deeltjieteorie van Newton vir lig verdring omdat laasgenoemde nie die nuwere verskynsels kon verklaar nie, maar die golfteorie al die toe bekende verskynsels wel kon saamvat in 'n eenheidstelsel. Teen die einde van die negentiende en die begin van die twintigste eeu is egter verskynsels soos die fotoëlektriese effek en die Comptoneffek ontdek, wat alleen verklaar kon word deur vir lig 'n deeltjestructuur naas die golfaard aan te neem. Hierdie deeltjestructuur het netjies aangepas by die teorie vir warmtestrale (sg. swartstrale) wat deur Max Planck ontwikkel is, waardeur hy aanvaar het dat energie alleen in diskrete hoeveelhede of kwantums kan voorkom. Vandag het ons dus 'n tweeledige beskrywing van alle elektromagnetiese strale, waaronder lig inbegrepe is, nl. 'n golfaard en 'n deeltjiaard. Hierdie tweeledige struktuur van lig en van alle elektromagnetiese golwe word vandag allerweë aanvaar en die een sluit die ander nie uit nie, maar hulle vul mekaar aan.

Ook materiële deeltjies het 'n tweeledige aard. Laat ons egter eers nagaan hoe die siening omtrent die struktuur van materie ontwikkel het. Alreeds die Griekse wysgere het opgemerk dat ys in water kan verander en dat water in stoom of damp kan verander, m.a.w. dat groot massas tot klein deeltjies kan verander. Omgekeerd, uit mis en wolke kan weer water en ys tevoorskyn kom. Mis en wolke kom uit die niet, terwyl damp weer in die niet kan verdwyn. Vir hulle het dit heeltemal redelik gelyk om aan te neem dat sigbare dinge opgelos kan word in onsigbare deeltjies

en dat onsigbare deeltjies weer tevoorskyn kan tree en tot nuwe stowwe kan kondenseer. Leucippus (ong. 460 v.C.) het ook aangeneem dat atome die „saad” van materie is en oneindig baie in aantal, onsigbaar en altyd in beweging is. Democritus (c.460—370 v.C.) het hierop verder uitgebou en aangeneem dat die hele wêreld met alles wat dit bevat voortgebring is deur bewegende atome. Democritus se atoomteorie was egter nie op eksperimente gebaseer nie en het ook niks te doen met die atoomteorie wat Dalton meer as 2000 jaar later ontwikkel het nie. Dit was alleen veronderstel om te dien as ’n moontlike verklaring vir die tevoorskyntree en verdwyning van dinge, ook van geboorte en dood.

Dalton (1766—1844) het die atoomteorie van materie sy beslag gegee deur daarmee die chemiese wet van konstante verhoudings van Proust te verklaar. Verdere ondersoek het aangedui dat stowwe in twee groepe verdeel kan word, nl. in saamgestelde stowwe of chemiese verbindings en in enkelvoudige stowwe of chemiese elemente, wat nie verder verdeel of ontbind kan word nie. ’n Enkelvoudige stof bestaan dan volgens die atoomteorie uit ’n groot aantal klein identiese deeltjies, atome genoem, terwyl ’n saamgestelde stof uit identiese molekule bestaan, wat ’n verbinding van atome is. Die molekule kan ontbind word en die atome so vrygestel word. Alle materiële stowwe word dus beskou as opgebou uit 92 verskillende soorte atome. Gedurende die huidige eeu het die fisici gevind dat die 92 elemente elkeen nog uit verskeie soorte atome of isotope kan bestaan. Hulle het selfs daarin geslaag om 10 nuwe elemente swaarder as uraan, kunsmatig te maak sodat daar vandag 102 elemente aan ons bekend is.

Die atoomteorie het nie alleen in die skeikunde orde en reëlmaat gebring nie, maar het ook sy beslag in die fisika gekry, want as stowwe uit molekule en atome bestaan, moet hulle fisiese eienskappe verklaar kan word in terme van hulle atoomstruktuur. So moet die eienskappe van gasse volg uit die beskouing dat ’n gegewe gas uit ’n ontsaglike groot hoeveelheid molekule en atome bestaan, wat almal in vinnige beweging is. Die druk van die gas op die wand van die houer is dan as gevolg van die botsings van die molekule teen die wand, terwyl die temperatuur van die gas ’n maat is vir die gemiddelde bewegingsenergie van die molekule of atome. Word die gas warm gemaak, dan verhoog die gemiddelde bewegingsenergie en die temperatuur styg. Gedurende die tweede helfte van die negentiende eeu is die atomistiese struktuur van gasse teoreties ontwikkel en staan dit bekend as die kinetiese gasteorie. Deur hierdie teorie kon die gaswette en ander fisiese eienskappe van die gasse verklaar en beskryf word. As die atomistiese teorie korrek is, dan sal die eienskappe van vaste stowwe en vloeistowwe verklaar moet kan word deur die veronderstelling dat die molekule of atome in ’n vaste of vloeistof baie nader aan mekaar is as in ’n gas, want hulle het ’n baie groter digtheid as ’n gas.

Vaste stowwe en vloeistowwe is dan ook baie minder saampersbaar en het 'n veel groter viskositeit as gasse, wat daar dui dat deur die digtheid van atome of molekule nou tussen-atomêre of -molekulêre kragte optree. Die atomêre teorie van materie is dan ook regstreeks bevestig deur briljante eksperimente soos die van Perrin en andere.

Dit blyk dus weer eens dat 'n magdom van gegewens en verskynsels met betrekking tot materiële stowwe betrek kan word in 'n eenheidstelsel, nl. die atoomteorie. Die fisici het egter die saak nie hierby gelaat nie. Hulle wou ook meer weet omtrent die atoom self, nl. of die atoom werklik onverdeelbaar is soos in die negentiende eeu geglo is. Indien hy verdeelbaar is, moet hy 'n struktuur hê. In hierdie navorsing is hulle gehelp deur 'n steeds groeiende kennis van elektriese verskynsels. Vroeg alreeds was daar twee soorte elektriese ladings, nl. positiewe en negatiewe ladings bekend. Dit het egter teen die einde van die vorige eeu geblyk dat die negatiewe lading gedra word deur 'n deeltjie, waarvan die massa byna 2000 keer minder is as dié van die ligste atoom, nl. waterstof. Gevolglik is elektriese lading ook korpuskulêr in oorsprong en bestaan alle ladings uit veelvoudige van die elementêre lading van hierdie deeltjie, die elektron genoem. Die ontdekking van die elektron het direk aangetoon dat atome deelbaar is en dus 'n struktuur het. Verdere eksperimente het dan ook die aard en samestelling van die atoom aangedui. Die probleem het aanvanklik gelê by 'n bevredigende teorie om die struktuur van die atoom te beskryf. Die oplossing het gekom nadat De Broglie se voorspelling dat atomêre massadeeltjies soos elektrone nie alleen 'n deeltjieaard nie, maar ook 'n golfaard besit, eksperimenteel bevestig is. Atomêre massadeeltjies het dus geblyk om net soos lig 'n tweeledige aard te besit. Schrödinger het van die golfeienskap van materiedeeltjies gebruik gemaak om tot 'n bevredigende atoomteorie te kom.

Hiermee was die fisici egter nog nie tevrede nie. Uit eksperimentele werk is afgelei dat die atoom bestaan uit elektrone om 'n positiewe kern, waarin feitlik al die massa van die atoom saamgetrek is. Uit navorsingswerk het dit al spoedig geblyk dat die kern van 'n atoom ook verdeelbaar is en 'n struktuur het. Deur die samestelling van die kern te wysig kan 'n chemiese element gewysig word. Atome van een element kan aldus tot atome van 'n ander element oorgetransformeer word. Hierdie prestasie het dit dan ook moontlik gemaak om swaarder elemente as die 92 elemente te maak, sodat ons vandag 102 elemente ken. Dit het ook gelei tot die ontwikkeling van kernreaktore vir die opwekking van warmte- en elektriese energie en van die sg. atoombom, wat albei gebruik maak van die energie van die atoomkern.

Vandag is aan ons 'n hele reeks van materiële deeltjies bekend, waarvan die massa wissel van die waarde nul tot die massa van die ligste atome. Van hulle is alleen die neutrino, die elektron en die proton en hulle

antideeltjies stabiel. Ons weet dat die kern van die atoom uit protone en neutrone opgebou is, maar wat die struktuur en presiese eienskappe van hierdie en al die ander deeltjies, insluitend die elektron, is, weet ons nog nie. So word daar langamerhand al hoe verder in die verborge dieptes van die natuur gedelf. Telkens moet daar ook weer na nuwe teorieë gesoek word om die feitekennis van die nuwe navorsingsvelde, wat geopen word, te orden, te koördineer en in 'n eenheidsstelsel te beskryf, om dan weer afleidings te kan maak vir verdere outginningswerk.

Die negentiende-eeuse fisika het die sintuiglike, makroskopiese stoflike wêreld volledig en presies kon beskryf. Die teorieë het die feite in 'n meganistiese eenheidsstelsel kon betrek. Deur die teorieë was verskynsels deterministies bepaal, en alle prosesse het kontinu volgens bepaalde wette verloop. Met die ontdekking van die diskreetheid van energiehoeveelhede op die atomêre skaal, het dit geblyk dat hierdie meganistiese beskouing nie meer in hierdie sub-mikroskopiese wêreld geld nie. Daarby kom nog dat volgens die onbepaaldheidsbeginsel van Heisenberg posisie en momentum of energie en tyd nie tegelyk presies bepaal kan word in die atomêre wêreld nie. Nuwe teorieë moes verkry word om die atomêre verskynsels te beskryf. Hierdie teorieë kon nie meer deterministies wees nie, want hulle moes die eksperimentele resultate, wat beperk word deur Heisenberg se onbepaaldheidsbeginsel, beskryf. Die atomêre prosesse het daarby ook nie meer kontinu verloop nie, maar diskontinu omdat die energie gekwantiseer is. Deur rekening te hou met wat gemeet kan word van atomêre prosesse is 'n geslaagde atoomteorie ook verkry, wat statisties van aard is omdat waarneming alleen op 'n groep atome gedoen kan word en nie op individuele atome afsonderlik nie.

Die indeterminisme van die atomêre wêreld beteken egter nog nie dat die makroskopiese wêreld ook indeterministies moet wees nie. Die negentiende-eeuse fisika geld vandag nog ewe goed vir die makroskopiese wêreld. Al is die energie gekwantiseer, is die energiekwantums van die atomêre wêreld egter so klein dat hulle makroskopies nie opgemerk kan word nie. Dieselfde geld vir die onbepaaldheidsbeginsel van Heisenberg. In die fisika bestaan daar vandag dus twee eenheidsstelsels langs mekaar, die een deterministies en kontinu en die ander indeterministies en diskreet of diskontinu. Die korrespondensiebeginsel van Niels Bohr bepaal die geleidelike oorgang van die een stelsel na die ander, soos die energie van groot waardes steeds kleiner word tot die kleinste kwantumwaarde.

Die wetenskapsvorming in die fisika is vandag veel ruimer as wat dit in die negentiende eeu of in enige tydvak daarvoor was, omdat dit sowel deterministies-bepaalde as indeterministies-bepaalde teorieë en ook die tweeledige aard van lig en van materiedeeltjies (die komplimentariteitsbeginsel) moet toelaat en moet aanvaar. Hiermee tree daar 'n verskeidenheid na vore in die vorming van teorieë, wat vroeër ongekend was.

Verskillende pogings is al aangewend om 'n universiële teorie daar te stel, waaruit alle fisiese verskynsels verklaar moet kan word. Die pogings van Einstein is goed bekend en onlangs weer was daar berigte dat Heisenberg in dieselfde rigting sou werk. Dergelike pogings het tot sover maar min sukses gehad, en die vraag is of 'n teorie wat alle fisiese verskynsels in 'n eenheidsstelsel sal betrek, wel moontlik is.

Vanaf die tyd van Newton bou die fisika sy teorieë met wiskundige bewerkings en vergelykings, waarin die getalwaardes van eksperimentele metings deur wiskundige simbole voorgestel word. Voordat enige meting uitgevoer word moet eers 'n begrip gevorm word van wat gemeet wil word. Om massa of temperatuur of hardheid of selfs lengte of wat ook al te meet, moet eers 'n begrip gevorm word wat hierdie dinge is, en daarna kan per definisie vasgelê word wat met hierdie dinge verstaan word. Vervolgens moet 'n eenheid, ten opsigte waarvan gemeet word, gedefinieer word. Om te sê dat 'n persoon 6 voet lank is, sê nog niks as die eenheid van die lengtemaat, die voet, nie gedefinieer is nie. Die begripsvorming, wat enige fisiese meting voorafgaan en wat ook enige fisiese teorie voorafgaan, se oorsprong lê in sintuiglike waarnemings en ervaring, wat kwalitatief van aard is. Terwyl in die Middeleeue en daarvóór die wetenskap gevorm is om die kwaliteite van die natuur, orden ons vandag die feite volgens kwantitatiewe bepaaldhede. Kwantitatiewe waarneming kan feitlik alleen deur ons sintuie geskied en is dus beperk tot die sintuiglike waarnemingsgebied, terwyl kwantitatiewe groothede deur middel van ons apparaat bepaal kan word, wat nie noodwendig sintuiglik waarneembaar is nie. Op 'n vraag wat die kleur van 'n elektron of 'n atoom is, moet ons ontkennd of ontwykend antwoord, want ons weet dit nie. Vir die kwantitatief-bepaalde fisika is so 'n vraag ook nie ter sake nie, omdat so iets nie bepaalbaar is nie. Om op te som: die ordening van die huidige fisika is kwantitatief-bepaald, maar in sy begripsvorming moet dit rekening hou met die kwalitatiewe aspekte van die natuur. Hierteenoor was die wetenskapsvorming in die Middeleeue en daarvóór kwalitatief-bepaald. Hierin lê dus 'n verskeidenheidsbeginsel in wetenskapsvorming.

In die bou van die fisiese teorieë met wiskundige vergelykings en bewerkings is daar ook 'n aantal beginsels, wat sonder uitsondering nog altyd gegeld het, soos bv. die behoudswette. So ken die fisika die wet van behoud van elektriese lading, van lineêre en van draaimomentum, van massa en energie. Dit beteken dat elektriese lading, dat lineêre en dat draaimomentum, en dat massa en energie nie kan verdwyn of vernietig of geskep kan word nie. In die bou van huidige teorieë geld ook nog beginsels soos die hermitisiteitsbeginsel, waarvolgens operatore van meetbare groothede reële eiewaardes moet hê, die unitariteitsbeginsel en nog

andere. Daar is dus 'n verskeidenheid van beginsels wat geld vir die uitbou en geldigheid van fisiese teorieë.

Daar is al verrassend veel bereik in die ordening van fisiese gegewens, wat teoreties met 'n minimum van veronderstelling in enkele eenheid-sisteme betrek kan word. Waarom is hierdie ordening en wetenskapsbou dan moontlik vir die stoflike natuur? Die gelowige wetenskaplike moet antwoord omdat God die wêreld, die heelal en alles wat dit bevat, geskape het in sy verskeidenheid en in die verskeidenheid orde gestel het. Aan die mens is die vermoë gegee om hierdie verskeidenheid met sy orde na te vors en ten dele te leer ken. As ons die ontsaglike uitgebreidheid van die sterreheem vergelyk met die kleinheid van die atomêre deeltjies en hulle prosesse, dan kom 'n mens onder die indruk van die grootsheid en majestieusheid van die skepping van God. Soos Newton kan ons sê dat die hele oseaan van waarheid met sy verskeidenheid en orde onontdek nog voor ons lê.

P.U. vir C.H.O.

P. H. Stoker.