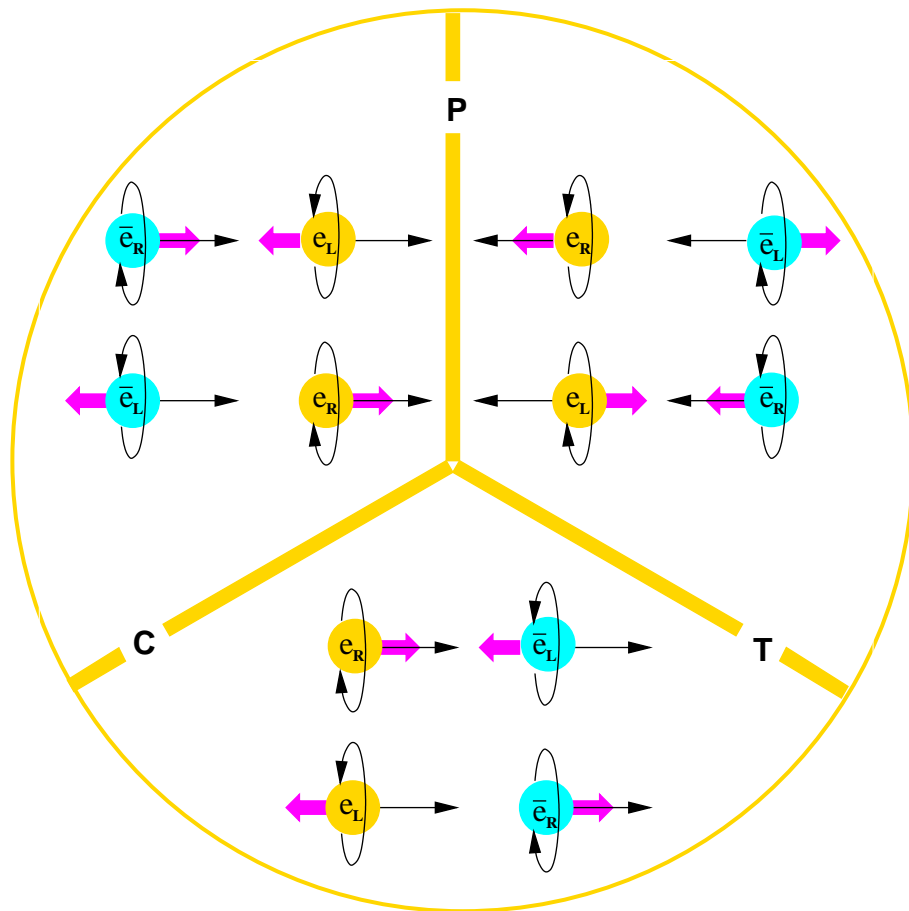


VAN ATOOM TOT KOSMOS

Wie het kleine niet eert ...

Piet Mulders



P.J. Mulders
Afdeling Theoretische Natuurkunde,
Faculteit der Exacte Wetenschappen,
Vrije Universiteit Amsterdam
<http://www.nat.vu.nl/~mulders>



ISBN 978-90-812928-1-8

Reprografie
Huisdrukkerij VU, 2008
1^e druk

Inhoudsopgave

1	Inleiding	7
1.1	De maat der dingen	8
1.2	Energie en impuls	9
1.3	Impulsmoment	11
1.4	Eenheden	11
1.5	Krachten	14
2	Wie het kleine niet eert . . .	17
2.1	Atomen	18
2.2	Atoomkernen	22
2.3	Nucleonen	27
2.4	Families van deeltjes	31
3	Met vereende krachten	35
3.1	Gravitatie en kromming van ruimte-tijd	35
3.2	Ladingen en krachtdeeltjes	38
3.3	Het theoretische raamwerk: veldentheorie	41
3.4	Discrete symmetrieën	44
3.5	Spontane symmetriebreking en unificatie	48
4	Het ongrijpbare neutrino	51
4.1	Waar komen neutrino's vandaan?	51
4.2	Neutrino oscillaties.	53
4.3	Consequenties van massieve neutrino's	55
5	De geschiedenis van het heelal	59
5.1	De oerknal	59
5.2	De temperatuur van het heelal	63
5.3	Kosmische straling	66
6	Samen meer: complexiteit	69

Voorwoord

Voor de meeste aspecten die met de structuur van de materie om ons heen te maken hebben is het voldoende om de opbouw uit atomen en moleculen te begrijpen met als bindende kracht op microscopisch niveau de elektromagnetische krachten en op macroscopisch niveau de zwaartekracht. Onder die laag gaat echter een fascinerende wereld schuil van subatomaire deeltjes, zoals de quarks waaruit de kerndeeltjes in de atoomkernen zijn opgebouwd, de elektronen en de neutrino's, deeltjes die door de Zon in grote aantallen geproduceerd worden en waar het heelal mee doordrenkt is net als met lichtdeeltjes. In dit boekje komt die wereld ter sprake, een wereld waar we via internationale onderzoeksinspanningen een heleboel over te weten zijn gekomen. We zullen ons hier beperken tot de wereld die we uit experimenten kennen. Dat betekent dat snaren en meerdere dimensies niet aan de orde komen. Deze onderwerpen zijn weliswaar ook fascinerend, net als de wiskunde, en ze bieden mogelijkheden om theorieën consistentere te maken, maar vooralsnog ontbreken hiervoor concrete aanwijzingen.

De opzet van de gekozen beschrijving wijkt af van die in de meeste boeken of artikelen over materie en krachten. Er is gekozen voor de presentatie van onze huidige inzichten en niet van de vaak lange en moeizame weg via welke de kennis is verworven. Deze historische lijn is in veel boeken terug te vinden. Ook de experimentele inspanningen die nodig waren om de kennis te verwerven komen niet tot hun recht. Die inspanningen zijn zo groot dat de verworven kennis er soms in ondergesneeuwd raakt. Ook hier kan de geïnteresseerde lezer vele boeken vinden of te rade gaan bij de webpagina's van de verschillende experimentele faciliteiten.

Wat niveau betreft is de insteek gekozen dat middelbare school kennis op VWO niveau voldoende zou moeten zijn om alles te volgen, al zijn sommige kaders misschien wat aan de pittige kant. Uit eigen ervaring merk ik echter dat juist bij velen die in deze onderwerpen geïnteresseerd zijn behoefte bestaat aan enige diepgang, of het nu gaat om leken, amateursterrenkundigen, HOVO-cursisten, scholieren, studenten, wetenschappers in andere disciplines of ook collega natuurkundigen waaronder leraren.

Piet Mulders
Maart 2008