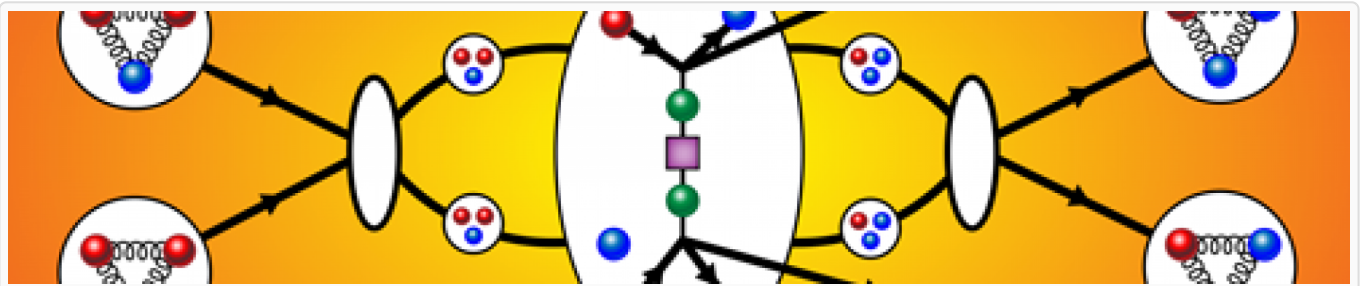


## Vervallen zonder neutrino's

Theoretisch natuurkundigen hebben een nieuwe stap gezet in het doorgronden van het zogeheten neutrino-loze dubbel- $\beta$ -verval. Dat verval in atoomkernen is nog nooit gezien, maar een waarneming zou een belangrijk signaal zijn dat de standaard deeltjestheorie niet voldoet.

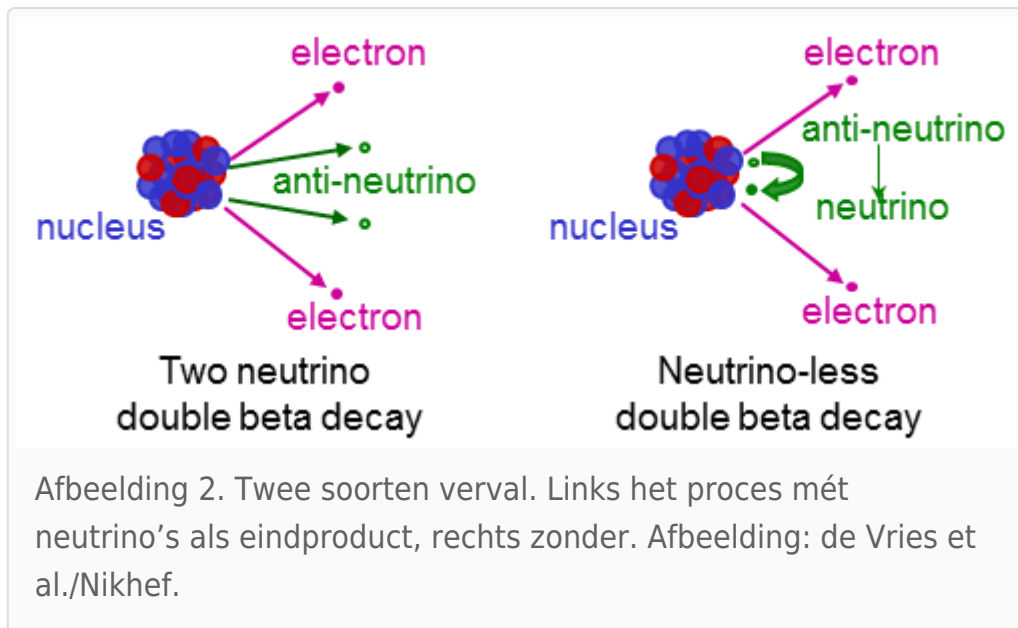
*Bron: persbericht Nikhef*



Afbeelding 1. Een schematische weergave van het verval. Afbeelding: De Vries et al./Nikhef.

Theoreticus Jordy de Vries van de Universiteit van Amsterdam en Nikhef publiceert met collega's een vervolg op een artikel dat in 2018 veel ophef veroorzaakte. Daarin lieten zij zien dat bestaande kernfysische berekeningen aan een extreem zeldzaam verval een belangrijk effect over het hoofd zagen. Experimenten die naar dat verval zoeken, gebruiken een verkeerd model, was de boodschap.

De Vries: 'Toen konden we wel al aangeven dat de berekeningen niet klopten, maar niet hoeveel. Onze nieuwe paper geeft ook daarop een antwoord waarmee de echte kernfysici aan de slag kunnen.' Het [nieuwe artikel, te lezen op Arxiv](#), is inmiddels geaccepteerd door het tijdschrift Physical Review Letters.



Bij het neutrino-loze dubbel- $\beta$  verval vallen atoomkernen op een bijzondere manier uit elkaar. In essentie komt het erop neer dat twee neutronen in de atoomkern spontaan worden omgezet in twee protonen. Speciaal daaraan is dat er ook twee elektronen ontstaan, nieuwe elementaire deeltjes die dan zouden ontstaan uit een proces waarbij in principe alleen de quarks in kerndeeltjes een rol zouden moeten spelen.

Deze zogeheten leptogenese (elektronen zijn zogenaamde leptonen) kan ooit een rol hebben gespeeld in de oerknal en helpen verklaren waarom het huidige universum uit materie bestaat, en niet uit stabiele antimaterie. Het standaardmodel van de deeltjesfysica weet geen raad met leptogenese.

Voorwaarde voor dit zeldzame verval is wel wat fysici een neutrino-loos proces noemen. Een enkel neutron in een kern kan spontaan uit elkaar vallen tot een proton en een elektron plus een derde licht neutraal deeltje, een zogeheten anti-neutrino. Dat proces heet  $\beta$  verval, en is een alledaagse vorm van radioactiviteit. Daarbij is het aantal leptonen voor en na het verval wel gelijk, omdat het anti-neutrino het leptongetal  $-1$  heeft.

Maar bij een proces als neutrino-loos dubbel- $\beta$  verval zou het huishoudboekje van de natuur

niet kloppen. Daar vervallen twee naburige neutronen in een kern tegelijk, waarbij de antineutrino's die ze daarbij uitstoten elkaar onderweg vernietigen. Daardoor treedt er in de kern bètaverval op zonder dat de bijbehorende anti-neutrino's ooit te zien zal zijn.

Theoretici zijn vooral geïnteresseerd in de wederzijds vernietiging van de anti-neutrino's. Als dat gebeurt zijn dat zogeheten majorana-toestanden: deeltjes die hun eigen antideeltje zijn. Majorana's zijn nog nooit in een experiment aangetoond, al kunnen in sommige vaste stoffen toestanden worden gemaakt die er veel op lijken.

De nieuwe berekeningen nemen de effecten mee voor het geval neutronen wisselwerken op zeer korte afstand (minder dan 1 femtometer). Oudere kernfysische berekeningen gingen ervan uit dat deze bijdrages niet belangrijk zouden zijn, maar dat bleek in 2018 al onjuist.

Nu begint ook duidelijk te worden hoeveel. Toch vertellen de nieuwe berekeningen nog niet het volledige verhaal van een echt experiment, zegt De Vries. Het probleem is dat voor metingen zware atoomkernen worden gebruikt, zoals bijvoorbeeld xenon (ook veelgebruikt in speurtochten naar deeltjes donkere materie uit het heelal).

De Vries: 'Het is een geweldige opgave om een zinvolle berekening te doen aan een kern met meer dan honderd protonen en neutronen. De afwijking waar wij op wezen blijft wel overeind bij een systeem van ongeveer tien kerndeeltjes. Maar het is nog niet gezegd dat het ook voor zware kernen opgaat.' Daaraan, zegt hij ook, wordt inmiddels door kernfysische groepen gewerkt.

De speurtocht naar aanwijzingen voor neutrinoloos dubbel-bètaverval worden al langer gedaan in het ondergrondse KEK-laboratorium in Japan, het Kamland-ZEN experiment met vloeibaar xenon waar ook fysicus Patrick Decowski van Nikhef bij betrokken is. In Amerika zijn momenteel vergevorderde plannen voor een nog groter xenon-experiment dat naar het effect speurt, het nEXO experiment dat mogelijk in Canada komt.

Om de resultaten van die experimenten goed te kunnen begrijpen, zijn de nieuwe

berekeningen belangrijke input. 'Als je iets meet, of juist niks, betekent pas iets als je begrijpt wat er zou moeten gebeuren.'