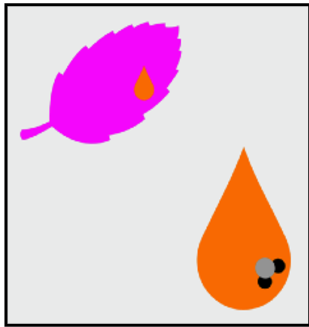


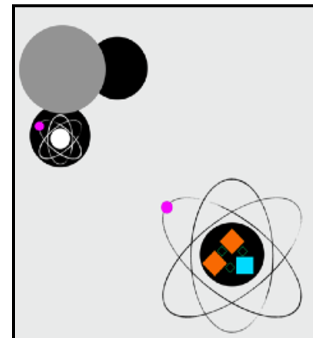
Het deeltjesfysicaboek voor babies - *Uitgelegd!*

Pagina 1



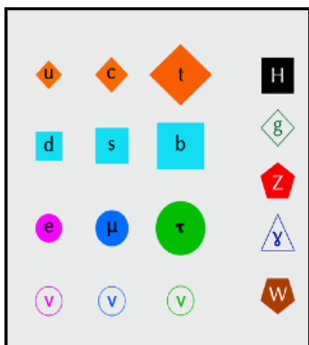
Deeltjesfysica is het onderzoek van waar het Universum van gemaakt is. Neem bijvoorbeeld een **blad**. Als we het van dichtbij bekijken, zien we dat het voor het grootste gedeelte van **water** is gemaakt... maar wat gebeurt er als we het van nóg dichterbij bekijken?

Water is een vloeistof gemaakt van **H₂O-moleculen**. Moleculen zijn groepen van **atomen**. In het geval van water zijn er twee Waterstofatomen en één Zuurstofatoom. **Atomen** zijn gemaakt van nog kleinere dingen: **quarks** en **gluonen** in een atoomkern, met **elektron(en)** in een baan om de kern.



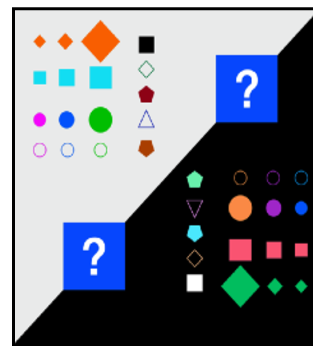
Pagina 2

Pagina 3



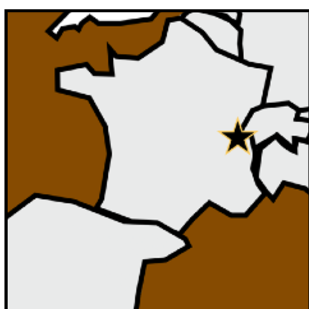
Quarks, **gluonen** en **elektron(en)** zijn onderdeel van het **Standaardmodel**, het beste idee dat we tot nu toe hebben over de bouwstenen van het Universum. Het Standaardmodel bevat de **quarks**, de **geladen leptonen** en hun **neutrinos**. De krachten die hen met elkaar verbinden worden weer door andere deeltjes gedragen: **bosonen**.

Zouden er **meer** deeltjes kunnen zijn dan die waar we over weten? **We denken van wel!** We proberen ze te vinden. Een voorbeeld: in een theorie die **Supersymmetrie** heet, heeft elk deeltje uit het Standaardmodel een gespiegelde tweeling.



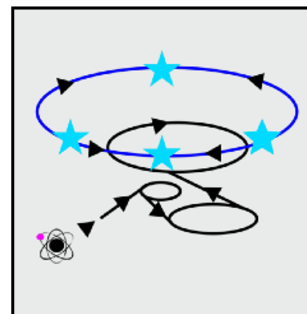
Pagina 4

Pagina 5



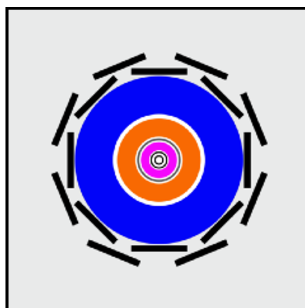
CERN is één van de plekken waar we naar **nieuwe deeltjes** zoeken. Het ligt op de grens van Frankrijk en Zwitserland. Het is één van de grootste onderzoekslaboratoria in de wereld! Duizenden wetenschappers van over de hele wereld werken samen om het universum te begrijpen.

Welkom in het versnellingscomplex van CERN! **Atomen** worden door de **Large Hadron Collider** (grote hadronenbotser) versneld tot bijna de snelheid van het licht. Daarna worden ze **tegen elkaar aan geknald** zodat we de deeltjes die uit de botsing ontstaan kunnen onderzoeken.



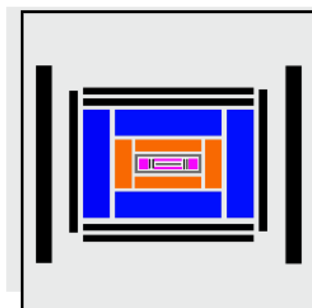
Pagina 6

Pagina 7



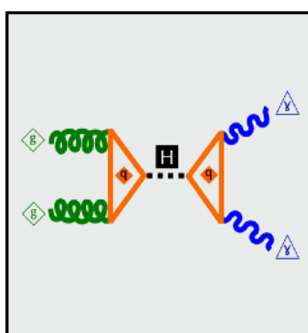
Op de plekken waar de botsingen plaats vinden, gebruiken we enorme detectoren (een soort van hele grote 3D camera's) om naar deeltjes te zoeken. Hier zie je doorsneden van de **ATLAS detector**, in de breedte en de lengte. Vanuit het midden nemen de **spoor-detectoren** de sporen van geladen deeltjes op; de **solenoidemagneet** buigt de deeltjessporen zodat we hun impuls kunnen schatten; de **elektromagnetische calorimeter** neemt afzettingen van elektronen en fotonen op; de **hadronische calorimeter** meet de activiteit van deeltjes die uit quarks en gluonen bestaan, en de **muonen-spectrometer** vertelt ons waar muonen langs zijn gekomen.

deeltjes te zoeken. Hier zie je doorsneden van de **ATLAS detector**, in de breedte en de lengte. Vanuit het midden nemen de **spoor-detectoren** de sporen van geladen deeltjes op; de **solenoidemagneet** buigt de deeltjessporen zodat we hun impuls kunnen schatten; de **elektromagnetische calorimeter** neemt afzettingen van elektronen en fotonen op; de **hadronische calorimeter** meet de activiteit van deeltjes die uit quarks en gluonen bestaan, en de **muonen-spectrometer** vertelt ons waar muonen langs zijn gekomen.



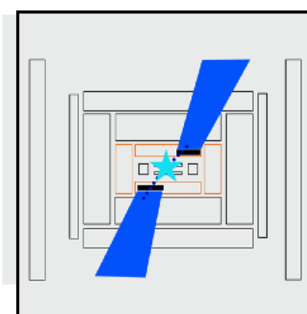
Pagina 8

Pagina 9

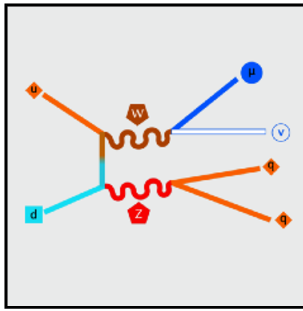


Dit is een Feynman-diagram. Het laat zien hoe een wisselwerking tussen deeltjes plaats vindt als we atoomkernen tegen elkaar aan knallen in de Large Hadron Collider. In dit voorbeeld vormen twee **gluonen**, via een **quark**, een **Higgs-boson**, wat vervolgens via **quarks** in **fotonen** vervalt. In de detector gebeurt de

botsing precies in het midden. We meten de **fotonen** van het **Higgs-boson**-verval als **energie** in de **elektromagnetische calorimeter**. We kunnen de massa van het **Higgs-boson** samenstellen door de energie van de twee fotonen, en de hoek tussen de twee fotonen, te meten.

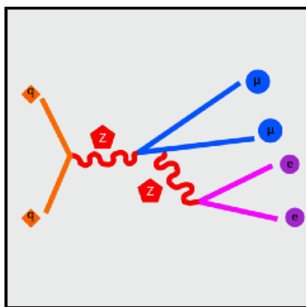
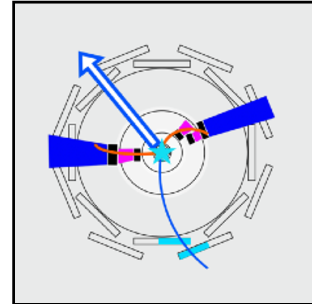


Pagina 10



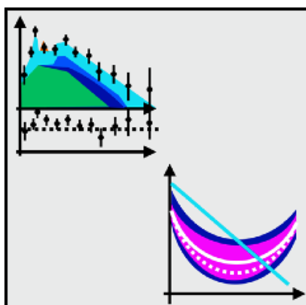
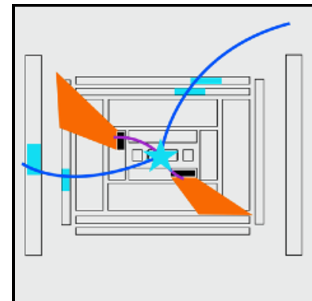
Quarks vanuit de gebotste atoomkernen kunnen op elkaar inwerken om **bosonen** uit te stoten, waarvan er één naar meer **quarks** vervalt, en de andere naar een **muon** en een **muon-neutrino**. In de detector vormen de **quarks deeltjes-stralen** in de calorimeters. **Muonen**

worden opgenomen als **treffers** in de **muonen-spectrometer**. Het **neutrino** vliegt dwars door de detector heen: we weten dat het er was door de hoeveelheid missende energie!



Een **quark**-paar annihileert tot een **Z-boson**, wat vervolgens vervalt in een **muonen-paar** en een **elektronen-paar**. In de detector laten de **elektronen** sporen - en **energie** in de calorimeter - achter. De **muonen**

worden als **treffers** in de muonen-spectrometer vastgelegd. Elektronen en muonen zijn geladen deeltjes, dus de baan die ze afleggen wordt **gebogen** door het magnetenveld in de detector.



We gebruiken onze detectoren om te meten *hoe vaak* reacties gebeuren, en vergelijken de **data** met **voorspellingen**. We gebruiken onze observaties om **limieten** te zetten op hoe vaak nieuwe deeltjes geproduceerd zouden kunnen worden, zonder dat we **ze gezien hebben**. Zo weten we welke nieuwe deeltjes we kunnen uitsluiten!

Op een dag zullen we misschien een **nog grotere deeltjesbotser** hebben. Die zou 100 km lang kunnen zijn, en onder het meer van Genève kunnen liggen. Het zal tientallen jaren duren om hem te ontwerpen en te bouwen. Misschien word **jij** wel wetenschapper, en zal je hem gebruiken om zelf nieuwe deeltjes te vinden, als je later groot bent?

