



minelabs

# Elementaire deeltjes

in samenwerking met

KLA

pito  
STABROEK



Universiteit  
Antwerpen

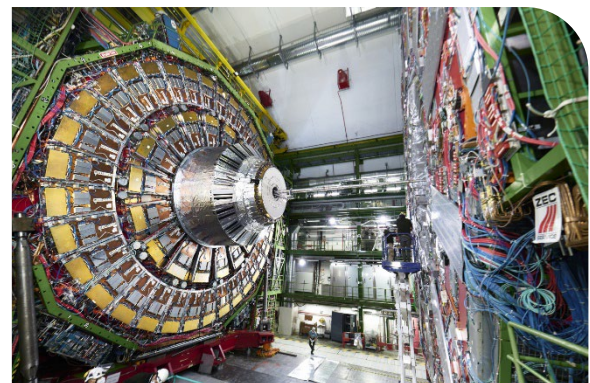
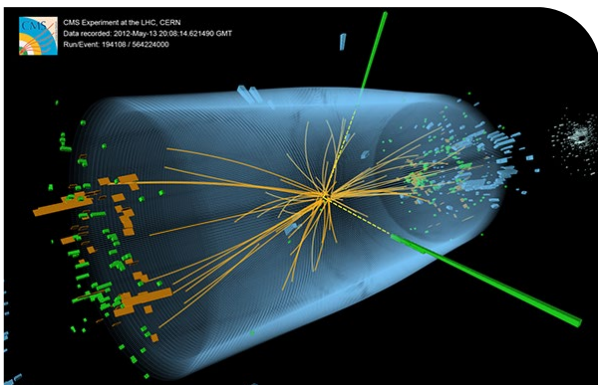
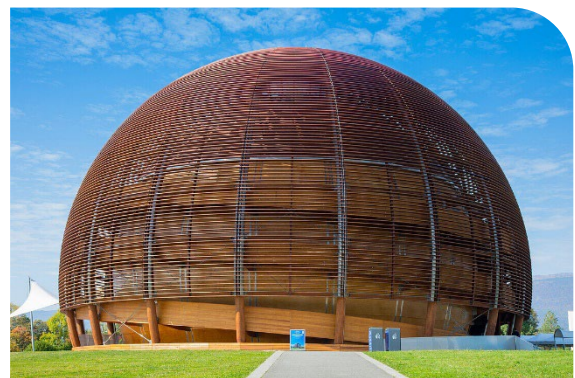
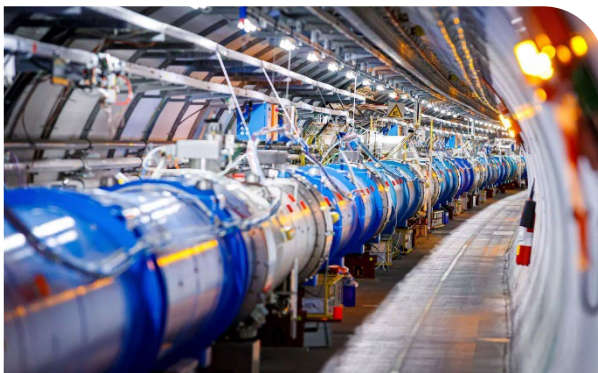
umec

Ons universum opgebouwd uit elementaire deeltjes. Je dacht misschien eerst dat atomen de kleinste deeltjes waren. Maar daarna heb je geleerd dat deze zijn opgebouwd uit protonen, neutronen en elektronen. Nu ga je ontdekken dat we deze nog verder kunnen opdelen in deeltjes. Wetenschappers geloven dat dit het laatste niveau is, daarom noemen we deze deeltjes 'elementair'. Elementaire deeltjes kunnen niet opgedeeld worden in kleinere bouwstenen. Het zijn de kleinste bouwstenen van het Universum. Alsof het lego-blokjes zijn die alle planten, dieren, sterren en planeten vormen.

## Het Minelabs laboratorium: De CERN Globe

Welkom in de Globe, het bezoekerscentrum van CERN. CERN is het laboratorium waar wetenschappers onderzoek voeren naar de elementaire deeltjes. Dit doen ze door protonen tegen hoge snelheid op elkaar te doen botsen in een deeltjesversneller.

Je kan dit laboratorium vinden door het **groene pad** te volgen vanuit het station.

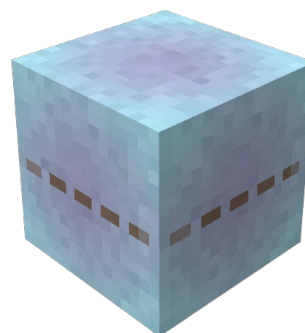


## A. Kwantumvelden

1. Ga via het subatomaire portaal naar de subatomaire dimensie. Onthoud goed waar het portaal zich bevindt, zodat je later weer naar de normale wereld kan terugkeren.



2. Je bevindt je nu op een schaal die kleiner is dan een atoom, sub-atomair dus. Je bent veel, veeeeeeel kleiner geworden, tien miljoen keer kleiner. Hier tref je de **kwantumvelden** aan die de **elementaire deeltjes** voortbrengen.



3. Loop naar de kwantumvelden en *mine* ze door erop te klikken. Schrijf hieronder welke deeltjes je uit welk kwantumveld krijgt. (je krijgt maximum 6 verschillende deeltjes uit één veld)

	Kwantumveld	Deeltje en antideeltje
materiedeeltjes	upquark-veld	1. 2.
	downquark-veld	1. 2.
	elektron-veld	1. 2.
	neutrino-veld	1. 2.
boodschapper deeltjes	foton-veld	1.
	gluon-veld	1.
	zwak boson veld	1.

### Extra trippy

In Minelabs geven we de kwantumvelden weer als wolken van blokken. We zijn er zeker van dat de kwantumvelden er in werkelijkheid niet zo uitzien. Ieder type kwantumveld strekt zich uit over de hele ruimte en tijd. Een kwantumveld is overal en altijd.

Elementaire deeltjes zijn verstoringen van het kwantumveld. Je kan dit vergelijken met mist. De kwantumvelden vullen de volledige ruimte zoals een mist. Een deeltje wordt gevormd door de mist ergens samen te drukken zodat er een druppel ontstaat. Elementaire deeltjes zijn als druppels in een mist. Wanneer je voldoende energie toevoegt aan een kwantumveld, worden er elementaire deeltjes gevormd. In Minelabs voeg je die energie toe door op de kwantumvelden te slaan. Zo krijg je deeltjes!

## B. Materiedeeltjes

1. Sommige kwantumvelden geven telkens twee deeltjes tegelijk. Dit zijn een **materiedeeltje** en een .....**materiedeeltje**. De materiedeeltjes vormen alle materie om ons heen. De tweede soort komt in onze buurt bijna niet voor.
2. Ga via het subatomaire portaal weer naar de normale wereld.
3. Plaats de materiedeeltjes en hun bijhorende deeltjes samen in de correcte kist. Vul onderstaande tabel in.

Materiedeeltje	.....-materiedeeltje

4. Plaats een elektron pal naast zijn anti-deeltje. Wanneer een deeltje en een antideeltje elkaar raken dan ..... Zij annihileren elkaar. De deeltjes verdwijnen en in de plaats verschijnen.....

### Besluiten:

- Wanneer een materie-kwantumveld voldoende energie heeft, dan produceert het tegelijk een ..... deeltje en een ..... deeltje.
- Wanneer een deeltje en een antideeltje elkaar raken, dan annihileren ze elkaar. De deeltjes verdwijnen met een lichtflits.

## Extra

Komt er steeds meer materie in het Universum doordat kwantumvelden voortdurend deeltjes vormen? Nee, want er wordt steeds tegelijkertijd een materiedeeltje en een antimateriedeeltje gevormd, die elkaar onmiddellijk annihileren. De deeltjes verdwijnen dus direct weer.

Bij **de oerknal** zijn er wel materiedeeltjes gevormd die zijn blijven bestaan en die nog steeds bestaan. Dit doordat de ruimte zo snel uitdijde dat de materiedeeltjes geïsoleerd werden.

## C. Booschapper-deeltjes

1. Sommige kwantumvelden geven telkens één deeltje. Dit zijn **booschapperdeeltjes**. De booschapperdeeltjes brengen booschappen over tussen andere deeltjes. Deze booschap kan 'aantrekking' zijn of 'afstoting' of ook 'verandering'.

booschapperdeeltje	booschap
foton	aantrekking of afstoting
gluon	aantrekking
zwak boson	verandering

2. Plaats de booschapperdeeltjes in de correcte kist.
3. Als de kisten juist zijn gevuld, dan verschijnt naast de ingang een wagonnetje waarmee je naar het volgende deel kan gaan. Je kan instappen door rechtermuisknop te klikken en starten door vooruit te gaan.

## D. Het gluon en de sterke wisselwerking

### *Lijm van de quarks*

1. Ga naar de ruimte over de sterke wisselwerking. Aan de muur zie je het kleurrijke symbool van het gluon. In Minelabs heeft het gluon veel kleurtjes omdat het gluon booschappen overbrengt tussen de kleurrijke quarks, namelijk de booschap van de sterke wisselwerking. De symbolen van de quarks en anti-quarks herken je op de andere muren.
2. Neem uit de kisten gluonen en quarks, namelijk alle mogelijke kleuren van upquarks, downquarks, anti-upquarks en anti-downquarks.  
Plaats op de linker crafting table **drie gluonen en twee soorten quarks**. Welke combinaties van quarksoorten leveren resultaat op? Noteer zo veel als mogelijk in de tabel hieronder. Eén combinatie krijg je als voorbeeld.

*Tip: probeer een patroon te achterhalen in de kleuren die je kan combineren.*

Quarksoort 1	+ 3 gluonen	+ Quarksoort 2	Resultaat
rood upquark	+ 3 gluonen	+ anti-rood anti-upquark	pion 0

3. De boodschap van het gluon is altijd ‘aanrekkng’. **De gluonen zorgen ervoor dat de quarks tot elkaar zijn aangetrokken** en samenblijven. De gluonen plakken de quarks als het ware bijeen, alsof het lijm is (of in het Engels glue). Dit fenomeen noemt men **de sterke wisselwerking**.

**Besluiten:**

- Het gluon is het *materiedeeltje* / *boodschapperdeeltje* van de *sterke* / *zwakke* wisselwerking dat de boodschap ‘aanrekkng’ / ‘afstoting’ overbrengt tussen *quarks* / *elektronen*.  
(Schrap wat niet juist is)
- Uit twee quarks en gluonen kan je een ..... maken.  
Als het ene quark een bepaalde kleur heeft (rood, groen of blauw) dan heeft het andere quark de ..... Het resultaat is dus altijd: .....(kleur).

4. Lukt het je ook om drie soorten quarks bijeen te voegen met gluonen? Gebruik deze keer enkel quarks, geen anti-quarks. Plaats op de crafting grid **drie gluonen en nog drie soorten quarks**. Welke combinaties van quarksoorten leveren resultaat op? Noteer zo veel als mogelijk in de tabel hieronder.

*Tip:* Wanneer je een kleur combineert met diens anti-kleur krijg je wit (bv. rood met anti-rood geeft wit). De pionen hadden dus allemaal een witte kleur. Wanneer je drie quarks bijeenvoegt, zullen de kleuren van de quarks ook moeten combineren tot wit.

3 gluonen	+ Quarksoort 1	+ Quarksoort 2	+ Quarksoort 3	Resultaat

**Besluiten:**

- Uit drie quarks en gluonen kan je ..... en .....maken.  
Je maakt altijd een combinatie van de kleuren ..... en ..... en .....
- Protonen en neutronen zijn heel erg belangrijk want zij zitten in de kern van een atoom.

*Extra weetje*

Je hebt misschien gemerkt dat je quarks niet in de Minelabs wereld kan plaats. Dat is omdat een kleur nooit alleen kan voorkomen. Enkel een combinatie van kleuren die wit is, kan bestaan en kan in de Minelabs wereld geplaatst worden.

## Extra

- Bij het samenvoegen van quarks hebben we gelet op de kleur van de quarks. Wetenschappers noemen dit niet zomaar de kleur, maar de kleurlading van quarks. Als extra, kan je naast de kleurlading ook de elektrische lading beschouwen.
- De elektrische lading van een upquark is  $+\frac{2}{3}$ . Die van een downquark is  $-\frac{1}{3}$ . De antideeltjes hebben een tegengestelde lading. Dat geldt zowel voor de kleurlading als de elektrische lading. De elektrische lading van een anti-upquark is  $-\frac{2}{3}$ . Die van een anti-downquark is  $+\frac{1}{3}$ .
- Wanneer je geladen deeltjes samenvoegt, is de lading van het resultaat gelijk aan de som van de ladingen.
- Vul in de tabel hieronder de namen en elektrische ladingen in van de bijeengevoegde deeltjes en van het resultaat. Eén voorbeeld krijg je al.

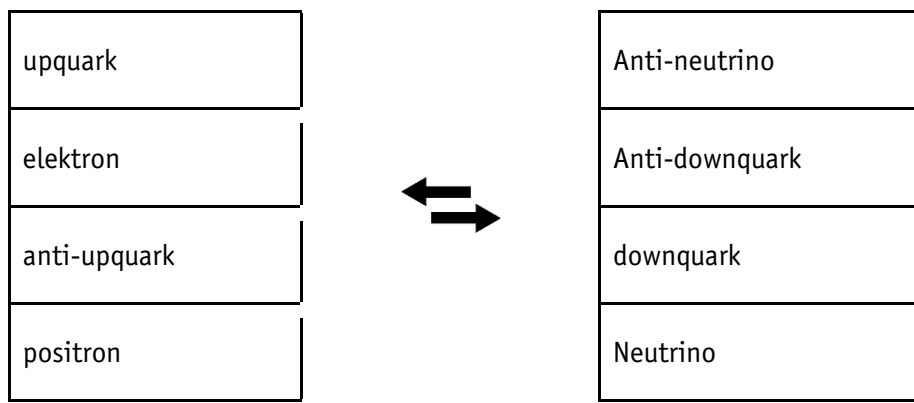
	Deeltje 1	Deeltje 2	(Deeltje 3)	Resultaat
Naam	upquark	anti-upquark		pion 0
Lading	$+\frac{2}{3}$	$-\frac{2}{3}$		$= 0$
Naam				
Lading				
Naam				
Lading				
Naam				
Lading				
Naam				
Lading				



## E. Het zwak boson en de zwakke wisselwerking

### *Verandering*

1. Loop naar de ruimte over de zwakke wisselwerking. De stippellijn op de muur toont het symbool van het zwak boson. Het zwak boson is een boodschapperdeeltje. De boodschap van het zwak boson is 'verandering'. **Het zwak boson zorgt ervoor dat deeltjes veranderen in andere deeltjes.** Dit fenomeen noemt men **de zwakke wisselwerking**.
2. Je kan de materiedeeltjes indelen in **zwakke paren**. De twee deeltjes van een zwak paar zullen altijd in elkaar veranderen onder invloed van de zwakke wisselwerking.
3. Kan jij achterhalen welke deeltjes een zwak paar vormen? Neem een crafting table, zwakke bosonen en materiedeeltjes. **Plaats op de crafting grid een zwak boson en een materiedeeltje.** Verbind hieronder de deeltjesparen die in elkaar veranderen wanneer ze een zwak boson opnemen.



4. Het is heel vreemd dat deeltjes veranderen. Je zou verwachten dat de bouwstenen van het Universum onveranderlijk zijn, maar dat is dus niet zo. Deze bizarre verandering ligt aan de basis van **radioactiviteit**.

### **Besluiten:**

- Wanneer een materiedeeltje een zwak boson opneemt of uitspuwt, verandert het materiedeeltje in zijn *zwakke partner / slappe partner / flauwe partner*. De boodschap van het zwakke boson is immers *aantrekking / verandering / afstoting*. Dit fenomeen wordt beschreven door de *matige / zwakke / sterke wisselwerking*.
- De verandering van materiedeeltjes ligt aan de basis van radioactiviteit.

## F. Het foton en de Coulombkracht

*of algemener, de elektromagnetische kracht*

1. Loop naar de ruimte over de elektromagnetische kracht. De golf op de muur stelt het symbool van het foton weer. Het foton is het boodschapperdeeltje van **de elektromagnetische kracht, die verantwoordelijk is voor de fenomenen van elektriciteit en magnetisme**. In Minelabs beschouwen we geen magneten of magnetische krachten. We beperken ons tot de krachten tussen elektrische ladingen - deze kracht noemt men de Coulombkracht.
2. Het foton brengt een boodschap tussen deeltjes met een elektrische lading, zoals het elektron. **De boodschap van het foton is 'aanreking' of 'afstoting' tussen elektrische ladingen**. Neem uit de kist elektronen en protonen. Elektronen hebben een elektrische lading van -1, terwijl protonen een elektrische lading van +1 hebben. **Plaats de elektronen en protonen op de grond en onderzoek hoe zij elkaar beïnvloeden**.

### *Extra weetje*

Je kan dit niet zien in Minelabs, maar de geladen deeltjes wisselen fotonen uit. Een elektron trekt fotonen uit het alomtegenwoordige kwantumveld en gooit de fotonen weg. Wanneer een ander elektron het foton vangt, dan ontvangt die de boodschap van afstoting. Het foton verdwijnt weer in het kwantumveld. Het is alsof de elektronen een sneeuwballen gevecht houden: ze rapen voortdurend sneeuwballen uit een sneeuwtaai, en nadat de sneeuwbal is kapot gegooid, verdwijnt de sneeuw weer in het sneeuwtaai.

3. Wanneer het foton wordt uitgewisseld tussen deeltjes met dezelfde elektrische lading (allebei + of allebei -), dan is de boodschap .....
4. Wanneer het foton wordt uitgewisseld tussen deeltjes met tegengestelde elektrische lading (de ene + en de andere -) dan is de boodschap .....

## G. De gravitationele kracht

### *De vreemde eend in de bijt*

1. Loop naar de ruimte over de gravitationele kracht. Je vindt hier een ster en planeten. Er is geen boodschapperdeeltje te bespeuren. De gravitationele kracht wordt dan ook niet overgedragen door een boodschapperdeeltje, maar werkt op een hele andere manier dan de andere krachten.
2. Je vindt in deze ruimte een ladder waarmee je naar het laatste deel kan gaan.

### *Extra weetje*

De gravitationele kracht wordt veroorzaakt doordat een massa (zoals die van een ster of planeet) de "ruimte-tijd" kromt. Een andere massa (zoals een appel) zal deze kromming ondervinden en daardoor zijn beweging aanpassen: de appel valt naar de planeet.








## H. Het Standaardmodel

1. Alle elementaire deeltjes zijn verzameld in **het Standaardmodel**. Dat kan je de heilige graal van de fysica noemen (zie volgende pagina).  
Net zoals de chemici alle atomen hebben verzameld in het Periodiek Systeem van Elementen, zo hebben fysici de deeltjes ondergebracht in het Standaardmodel.

De elementaire deeltjes zijn de kleinste bouwstenen van het Universum. Hun gedrag en interacties regeren alles wat er zich afspeelt in ons Universum!

Alsof een Schepper van het Universum het Standaardmodel als handleiding heeft voorzien.

Wanneer je door de deur naar buiten gaat en de helling volgt, kom je weer bij het centraal station.

	elementair deeltje	kleurlading	elektrische lading	zwakke partner	boodschap
materiedeeltjes	upquark 	ja	+ 2/3	downquark	/
	downquark 	ja	- 1/3	upquark	/
	elektron 	nee	- 1	neutrino	/
	neutrino 	nee	0	elektron	/
	gluon 	ja	0	/	“Deeltjes met een kleurlading trekken elkaar aan.”
booschapperdeeltjes	foton 	nee	0	/	“Deeltjes met dezelfde elektrische lading stoten elkaar af. Die met tegengestelde elektrische lading trekken elkaar aan.”
	zwak boson 	nee	-1, 0 of +1	/	“Een deeltje verandert in zijn zwakke partner.”