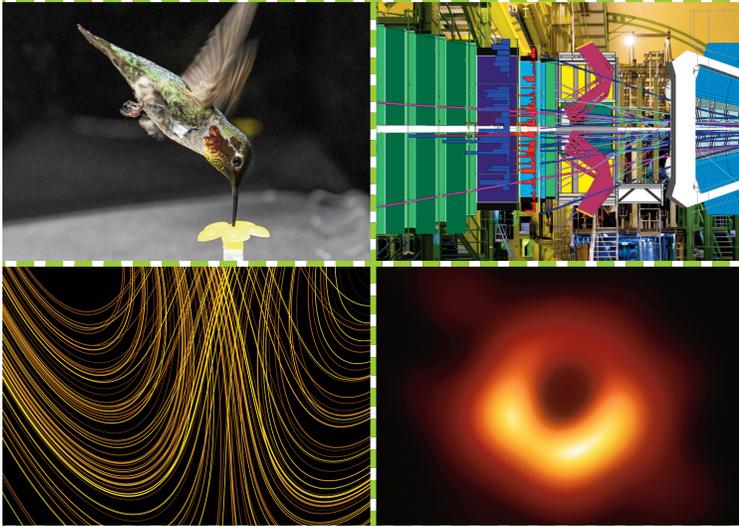


VERSTEGEN & STIGTER CULTURELE PROJECTEN EN PARADISO PRESENTEREN

# DE VOOR- SPELLING

» MODELLEN VOOR DE WERELD  
VAN MORGEN



» PARADISOLEZINGEN 2022  
» 30 JANUARI T/M 19 JUNI  
» [WWW.VERSTEGENSTIGTER.NL](http://WWW.VERSTEGENSTIGTER.NL)

## PARADISOLEZINGEN 2022

### Lezing 4

Prof. dr. Marcel Merk

## VOORBIJ HET STANDAARDMODEL

*Over Beauty-deeltjes, de Flavour-  
puzzel en een nieuwe natuurkracht*

Paradiso



vpro

Verstegen & Stigter  
culturele projecten



# *Waarom bestaat er iets in plaats van niets?*

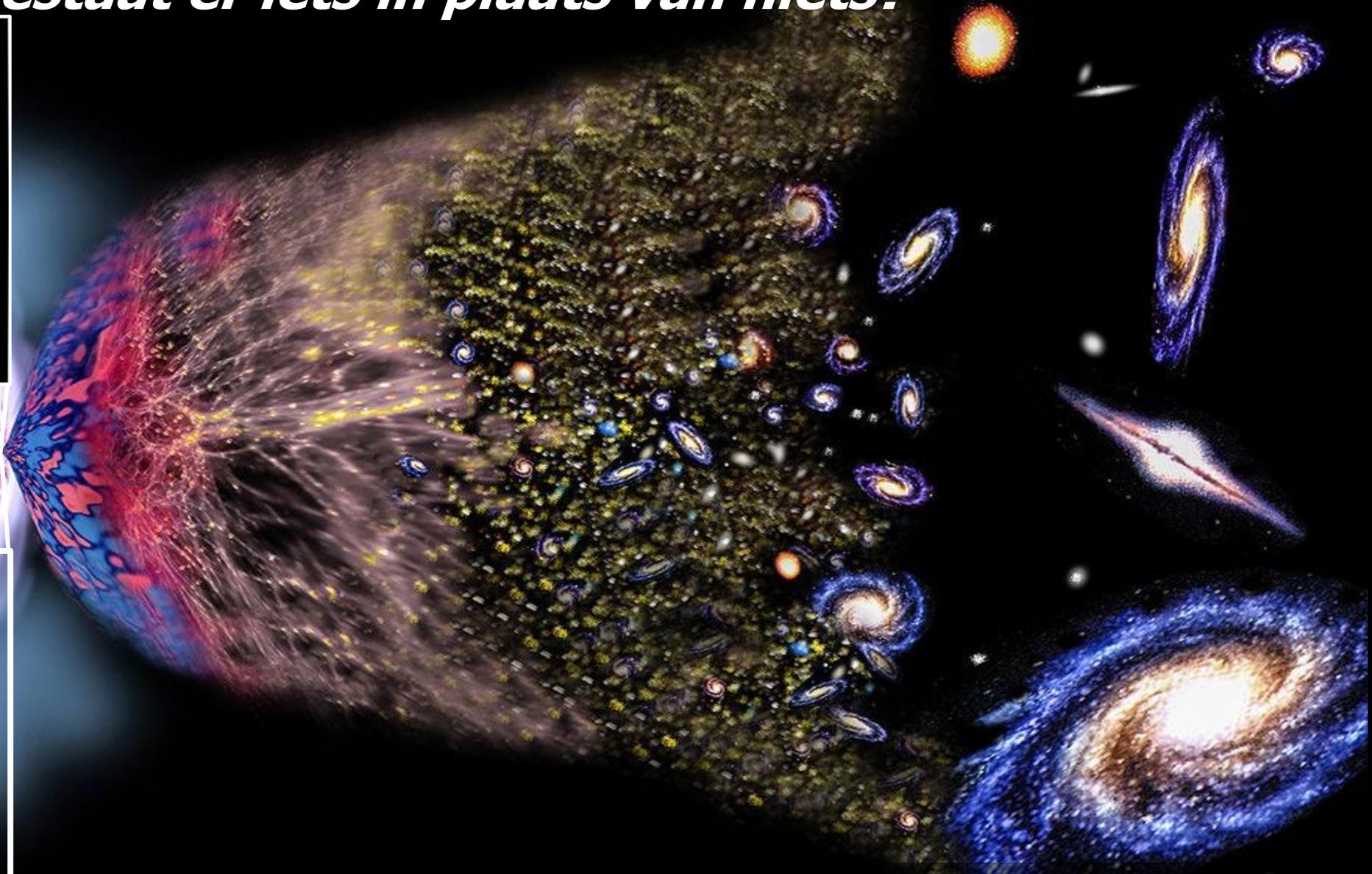
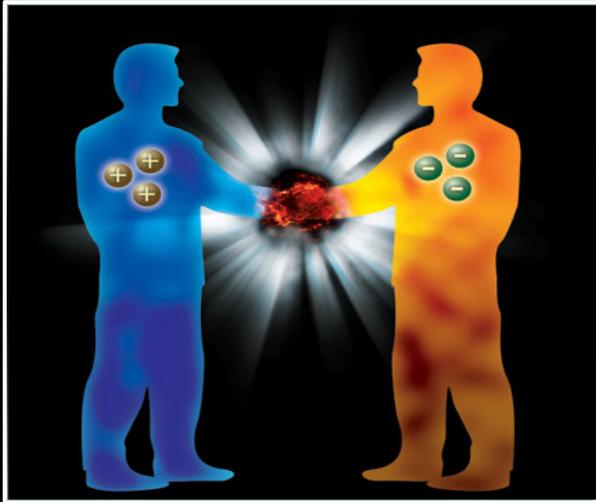
*Marcel Merk, Paradiso, 10-4-2021*

Nikhef



*"Over Beauty-deeltjes, antimaterie  
en een nieuwe natuurkracht"*

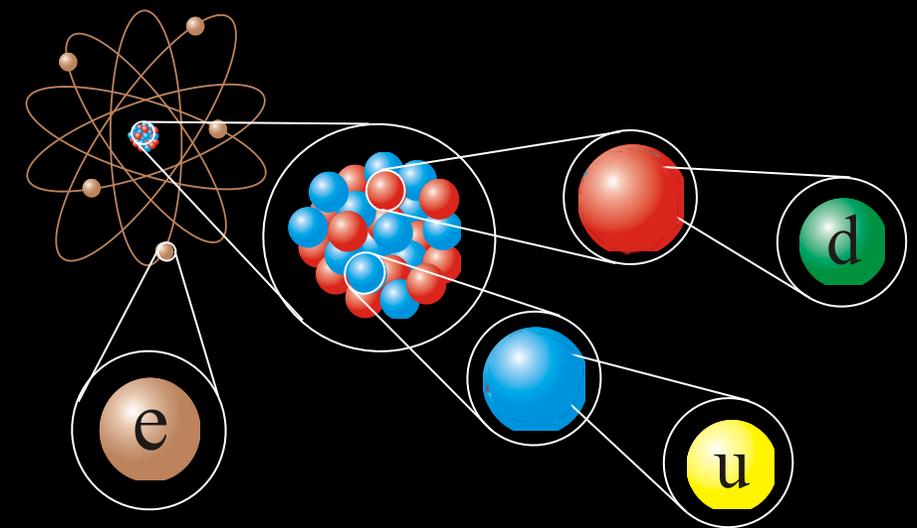
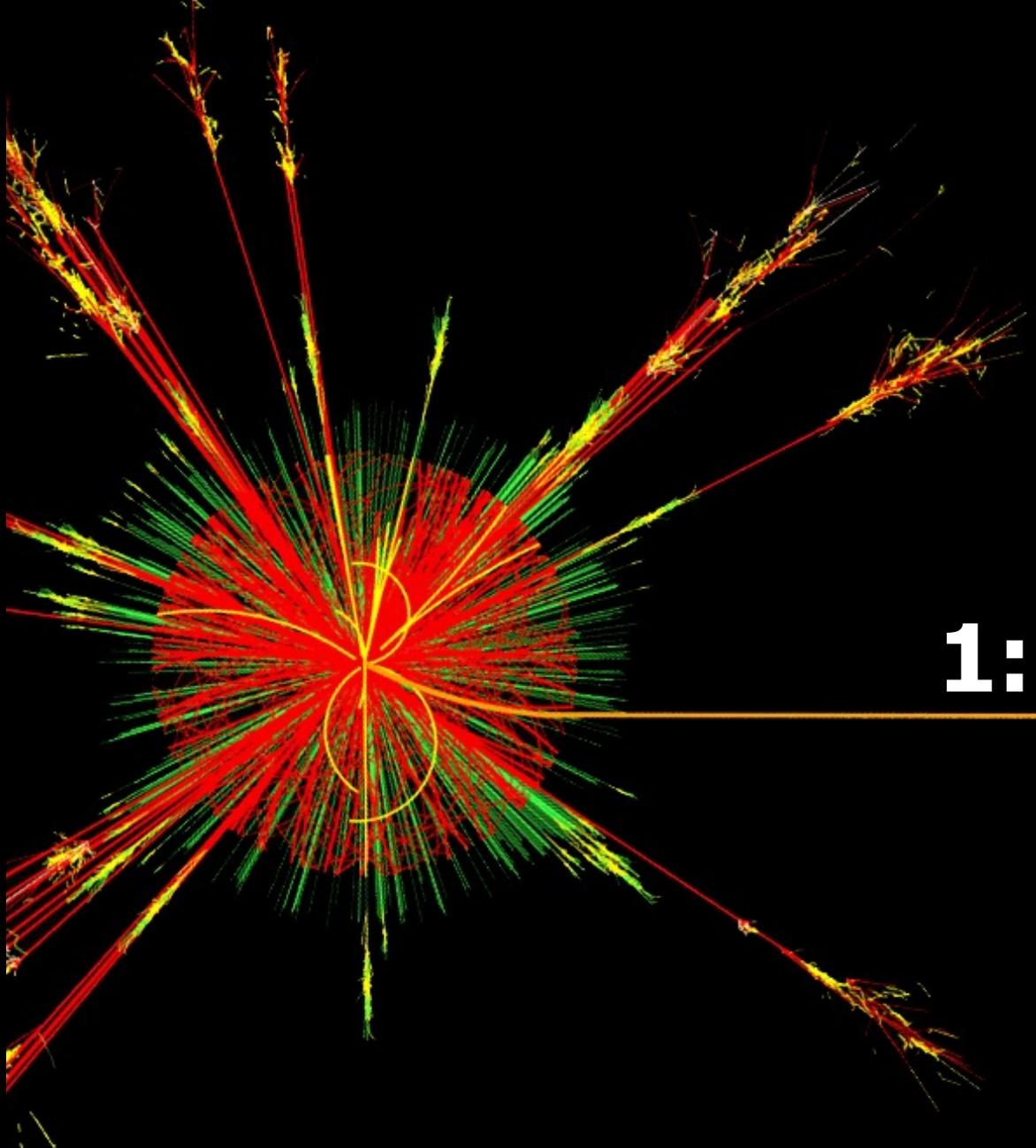
# Waarom bestaat er iets in plaats van niets?



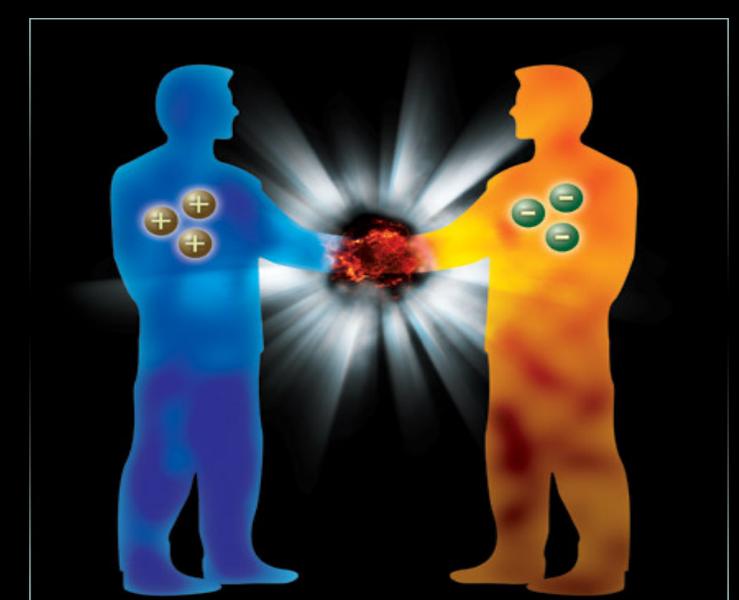
Fermionen: spin=1/2 deeltjes

Quarks			H	Krachten	
1	2	3		Z	$\gamma$
u	c	t	H	W	g
d	s	b			
Leptonen					
$\nu_e$	$\nu_\mu$	$\nu_\tau$			
e	$\mu$	$\tau$			

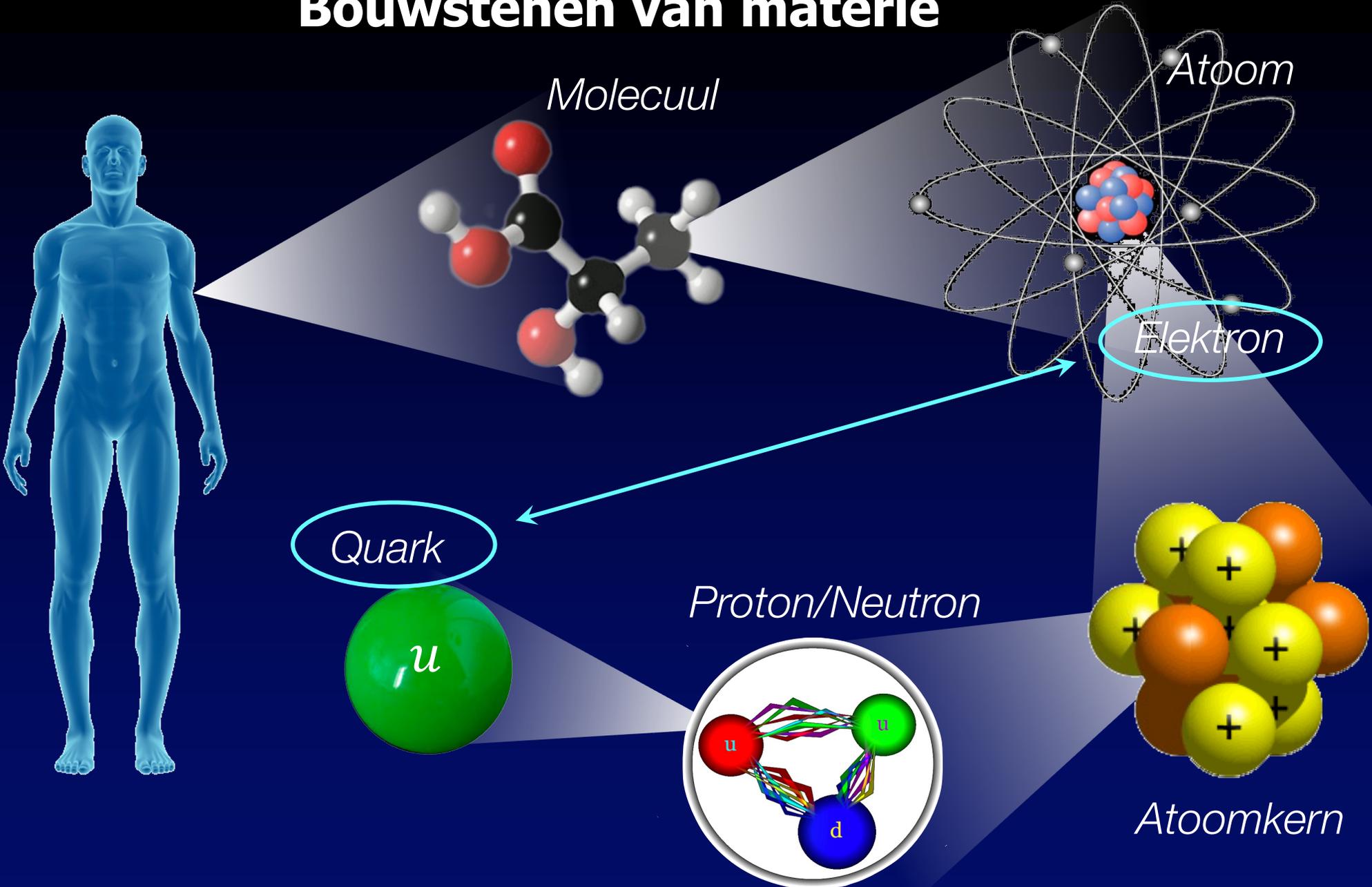
**Flavor puzzle: waarom bestaan er drie generaties identieke deeltjes?**



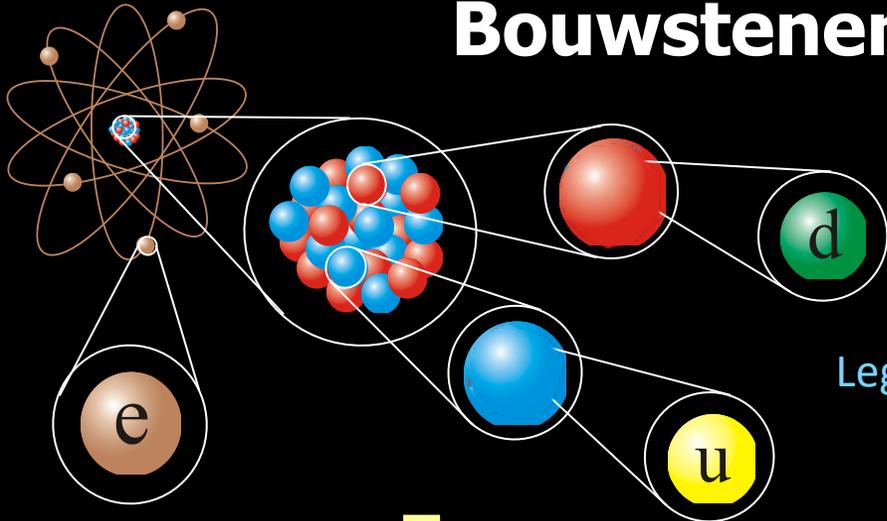
# 1: Materie en Antimaterie



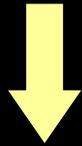
# Bouwstenen van materie



# Bouwstenen van materie



Lego blokken van de natuur



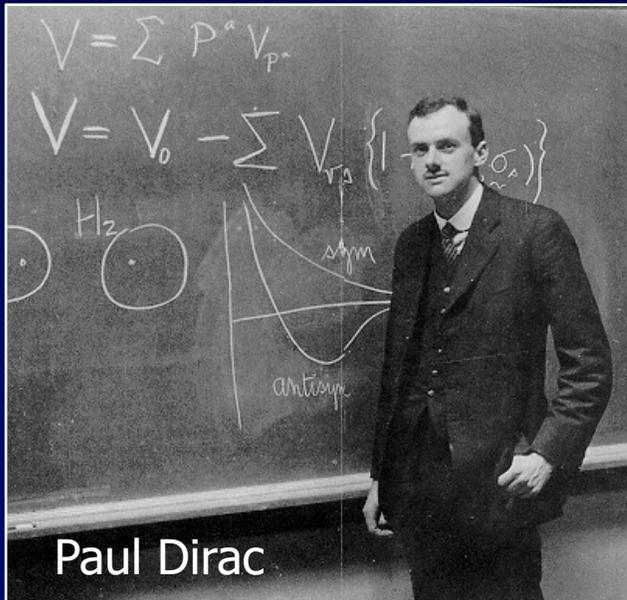
periodiek systeem

1 H																	2 He														
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne														
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar														
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr														
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe														
55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn														
87 Fr	88 Ra	89 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt																							
																		58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
																		90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr



# Paul Dirac en antimaterie

- 1928:
  - Dirac's relativistische quantum theorie
  - Voorspelling: *voor elk type deeltje bestaat er een identiek anti-deeltje!*
- 1932:
  - Anderson ontdekt het anti-elektron



Paul Dirac



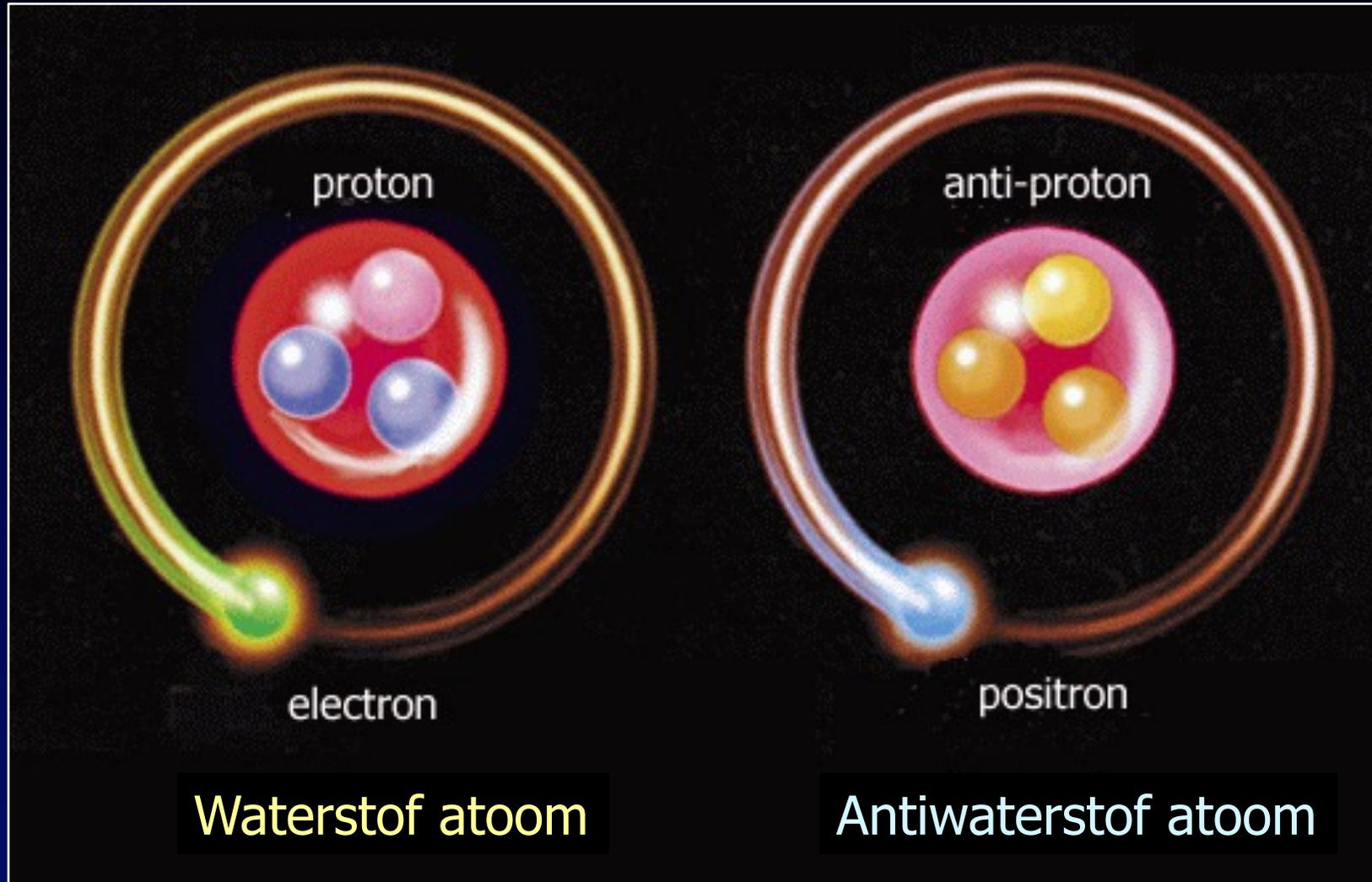
Carl Anderson



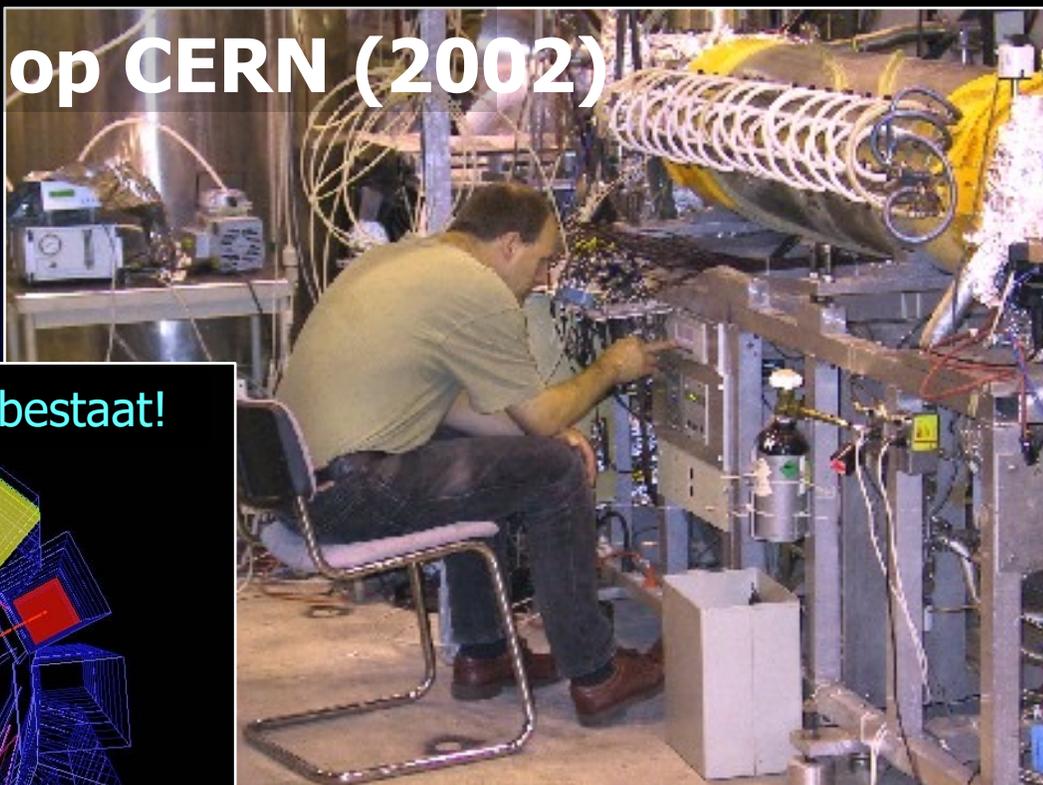
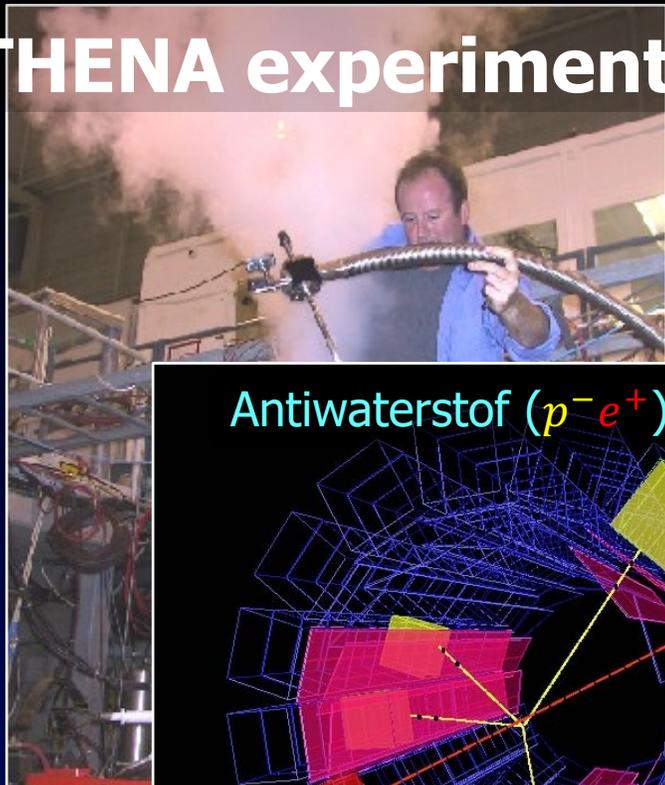
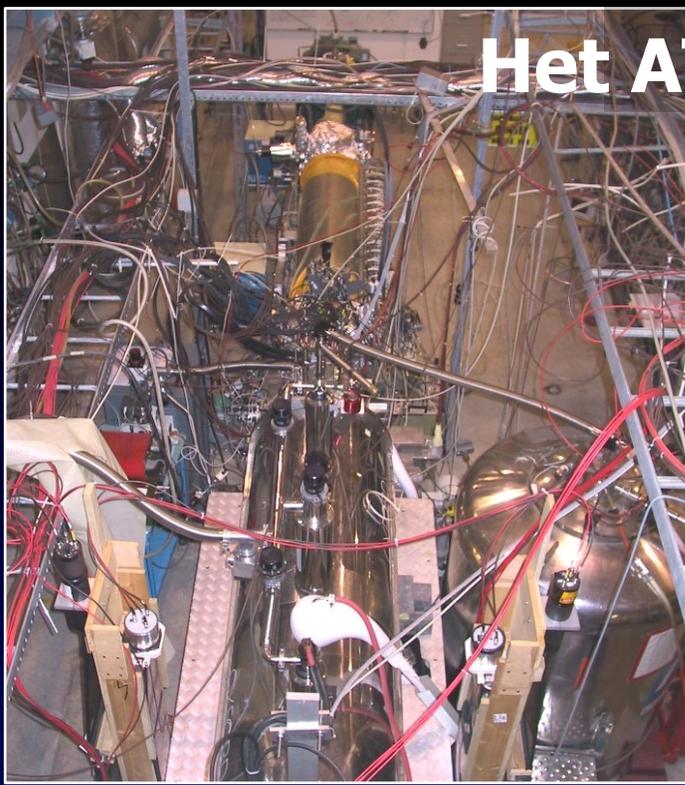
Dirac

AntiDirac

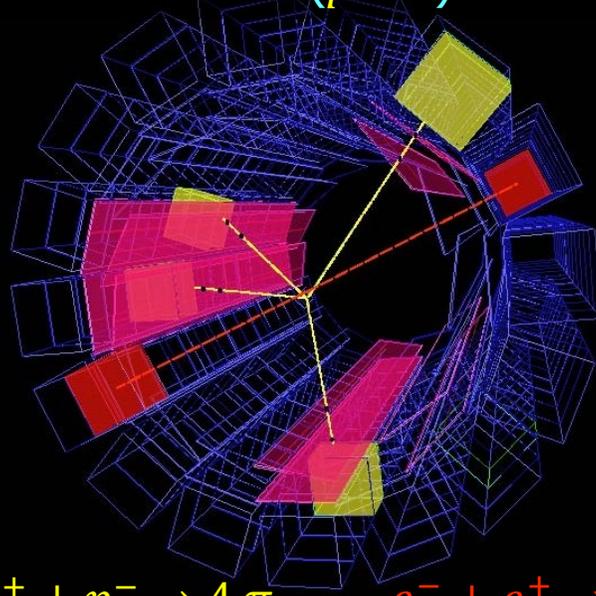
# Antimaterie



# Het ATHENA experiment op CERN (2002)

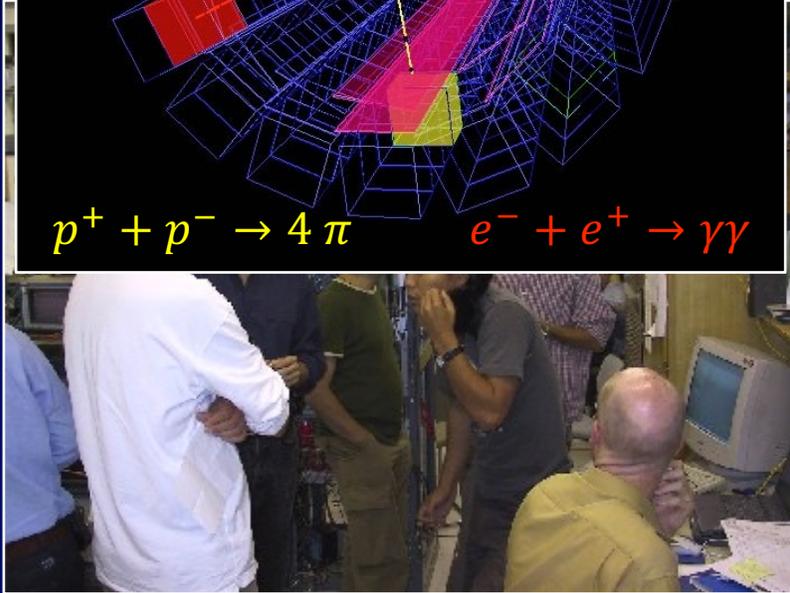


Antiwaterstof ( $p^- e^+$ ) bestaat!



$$p^+ + p^- \rightarrow 4\pi$$

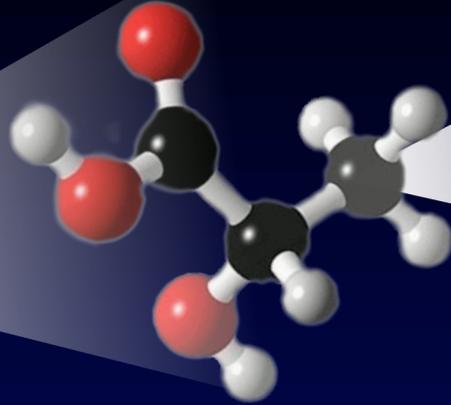
$$e^- + e^+ \rightarrow \gamma\gamma$$



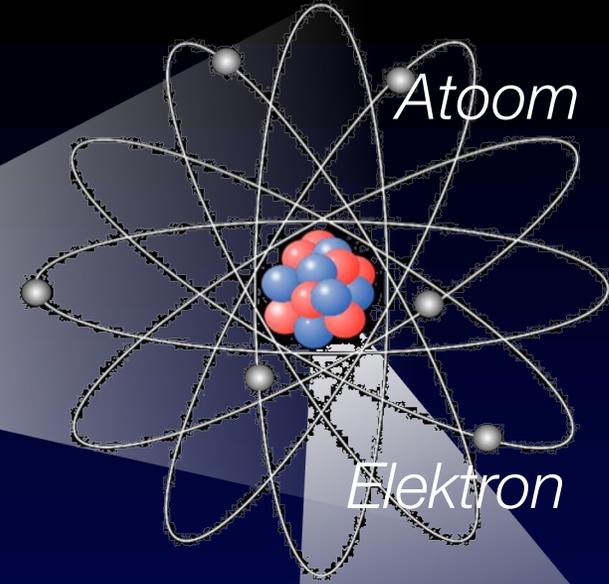
# Een wereld van materie en ...



*Molecuul*

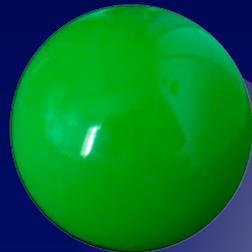


*Atoom*

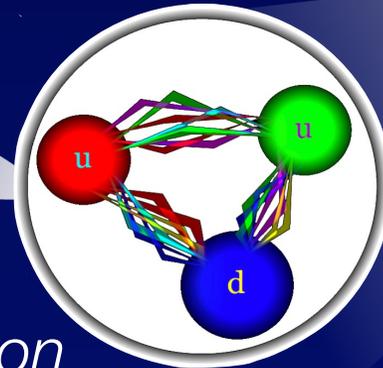


*Elektron*

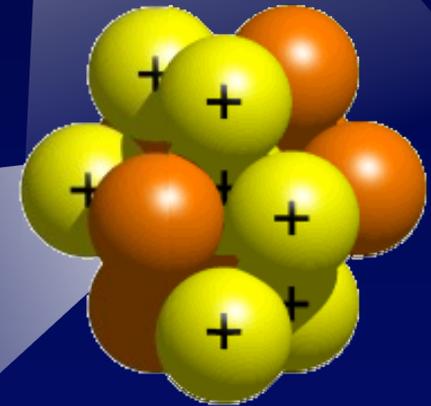
*Quark*



*Proton/Neutron*



*Proton/Neutron*



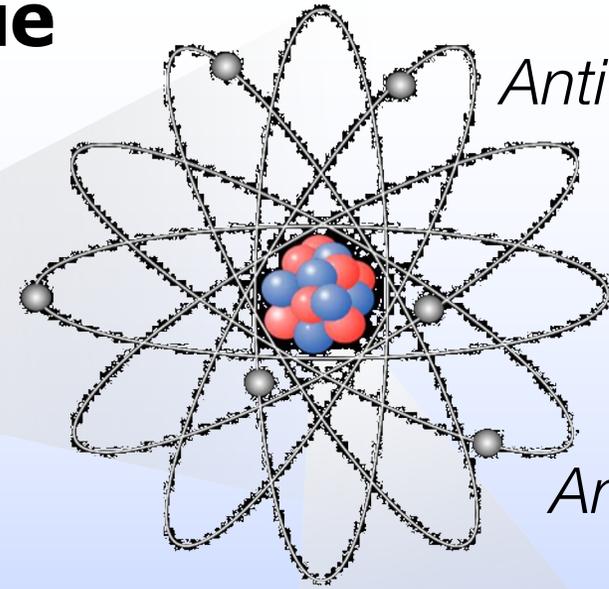
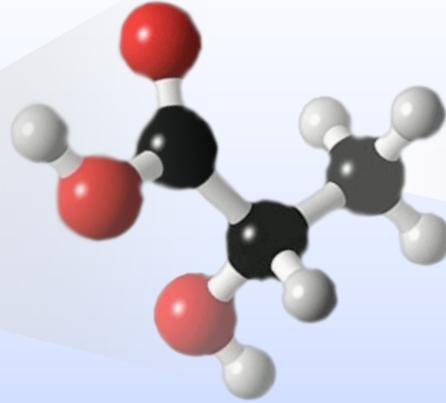
*Atoom kern*

# ... een wereld van antimaterie



**Identieke  
anti-wereld**

*Anti-Molecuul*



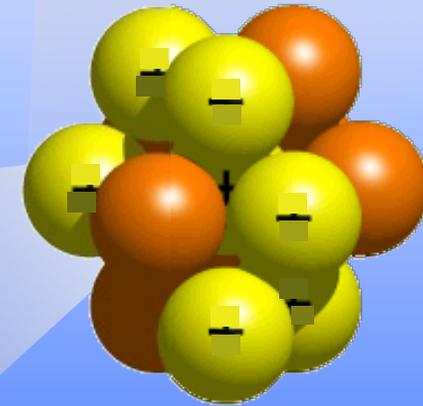
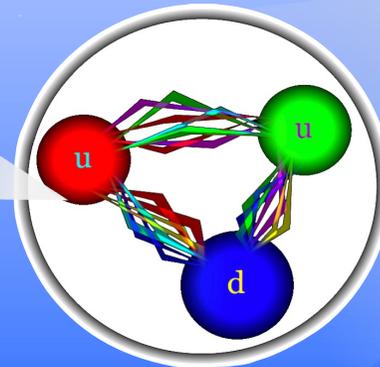
*Anti-Atoom*

*Anti-elektron*

*Anti-Quark*

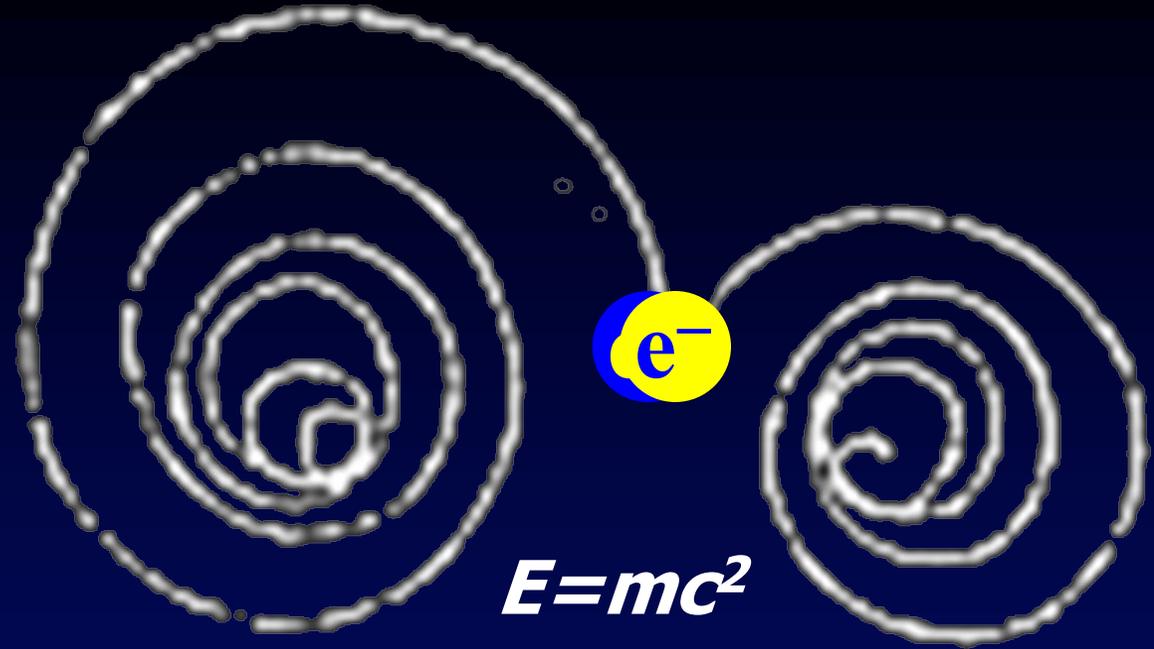
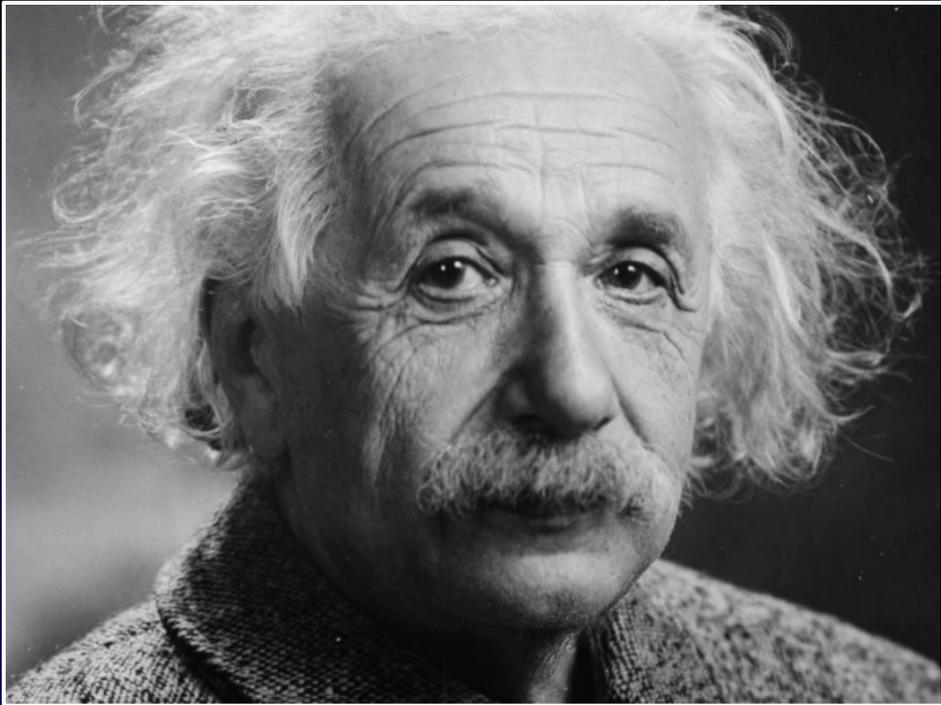


*Anti-Proton /  
anti-Neutron*



*Anti-atoomkern*

# Albert Einstein: Energie = materie + antimaterie



## Creatie:

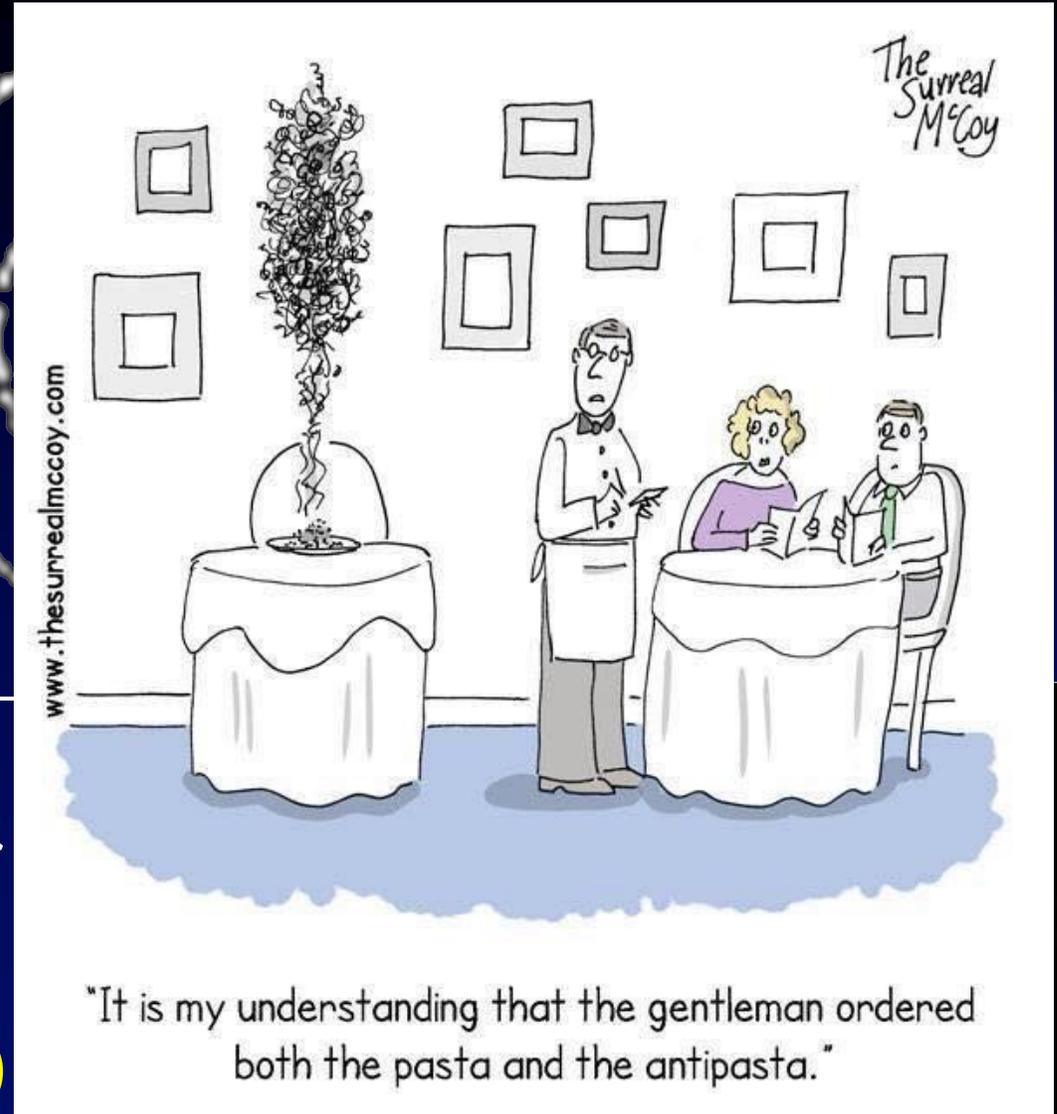
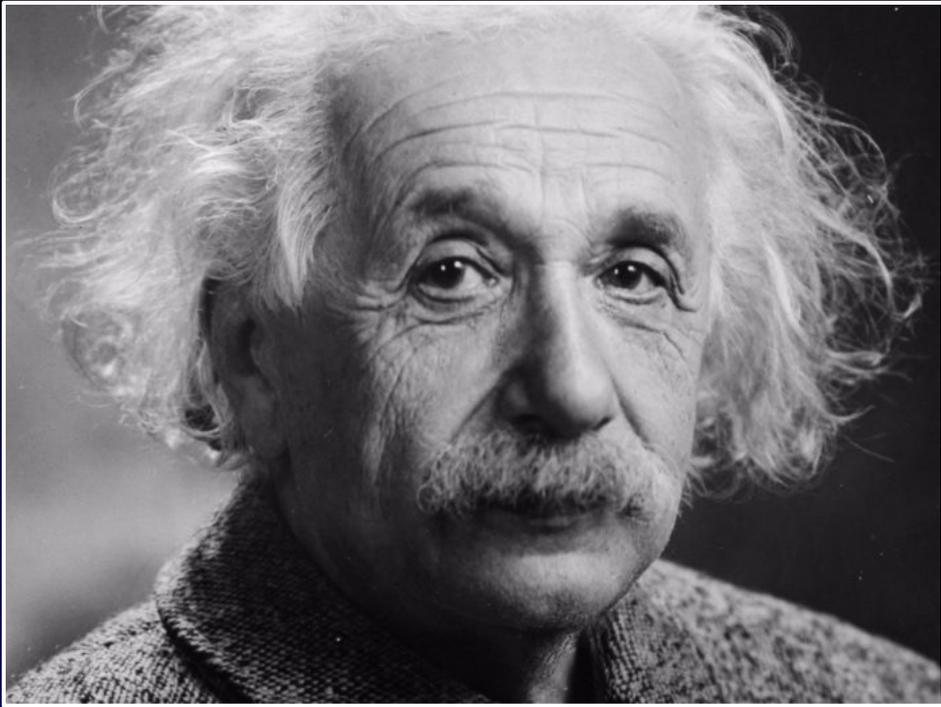
Energie  $\rightarrow$  materie + antimaterie :   $\rightarrow$   

## Annihilatie:

materie + antimaterie  $\rightarrow$  energie :    $\rightarrow$   



# Albert Einstein: Energie = materie + antimaterie



Creatie:

Energie  $\rightarrow$  materie + antimaterie :   $\rightarrow$

Anihilatie:

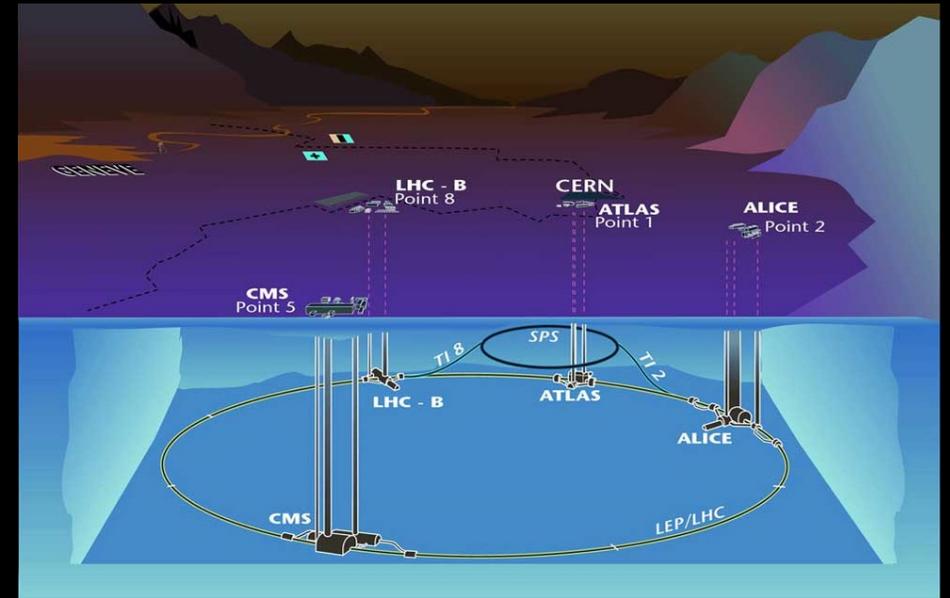
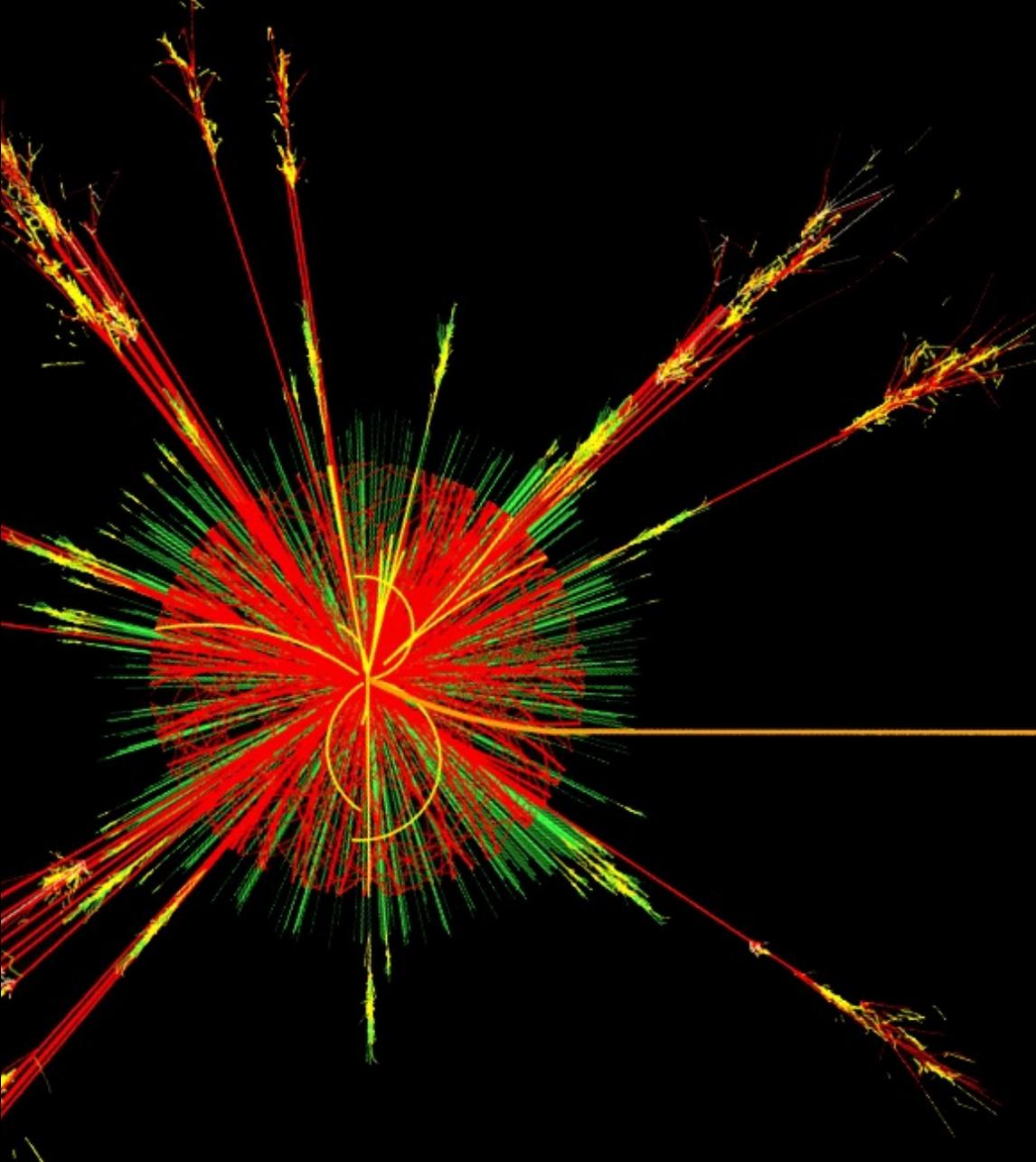
materie + antimaterie  $\rightarrow$  energie :  

"It is my understanding that the gentleman ordered both the pasta and the antipasta."

# Vroege Universum: waar is de antimaterie heen?



*Inderdaad: Waarom is er eigenlijk iets in plaats van niets?!*



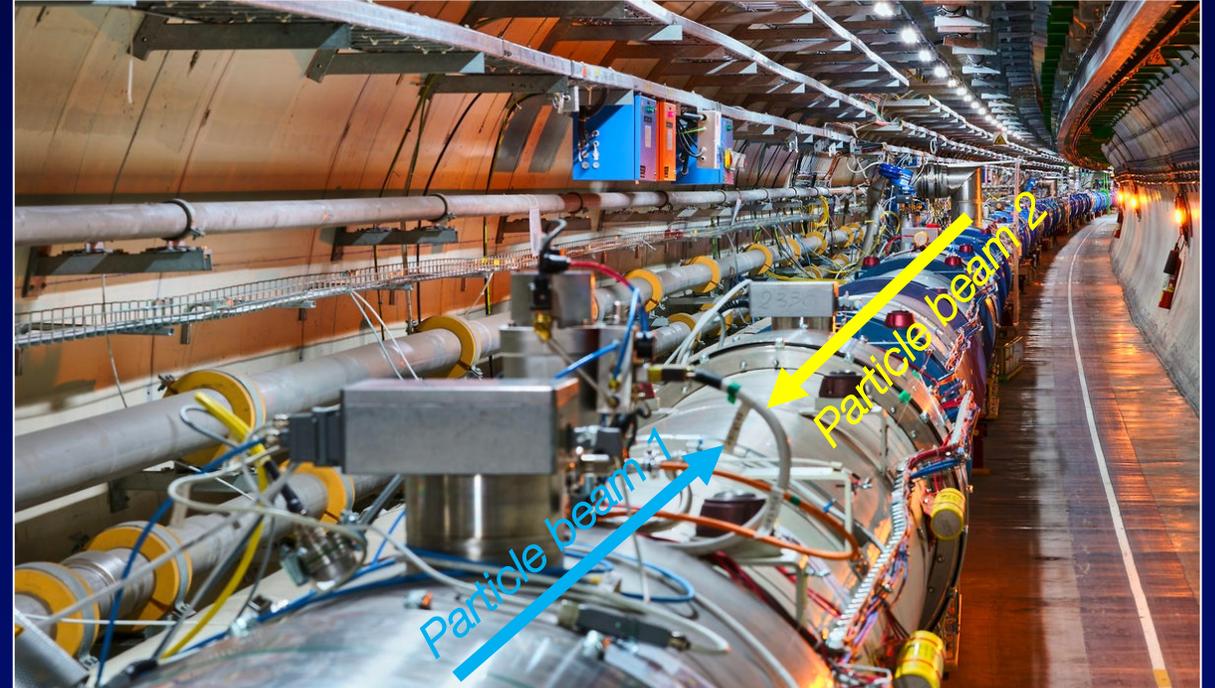
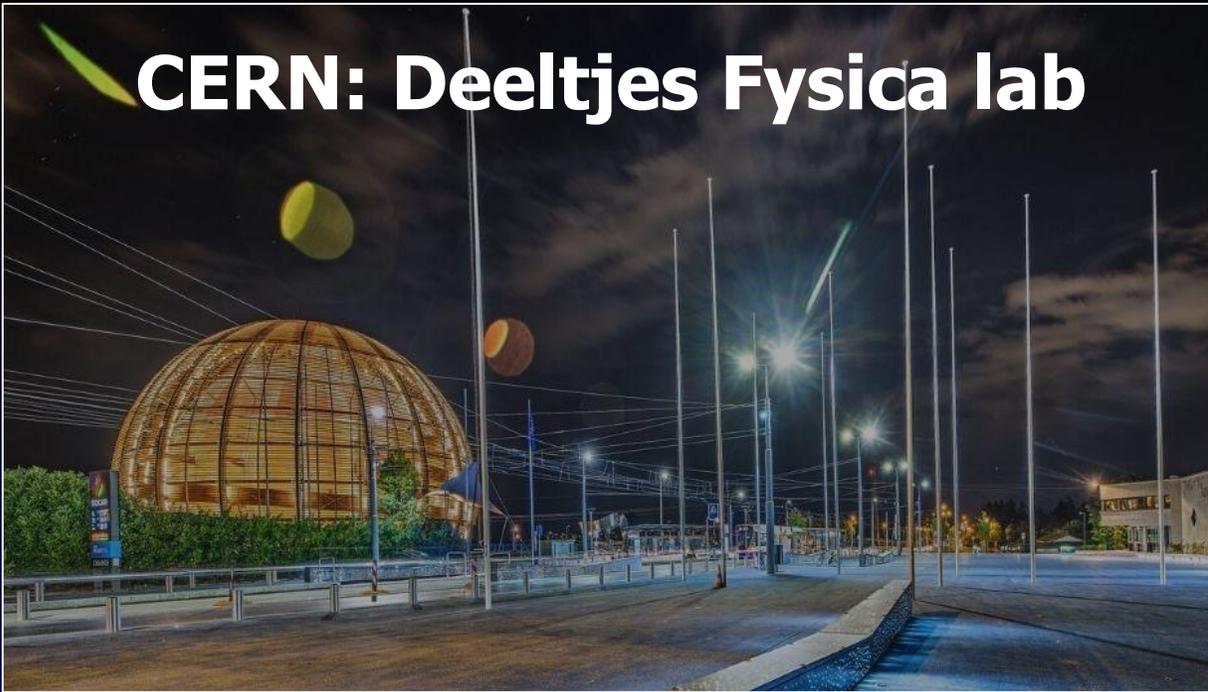
## 2: Deeltjes & CERN



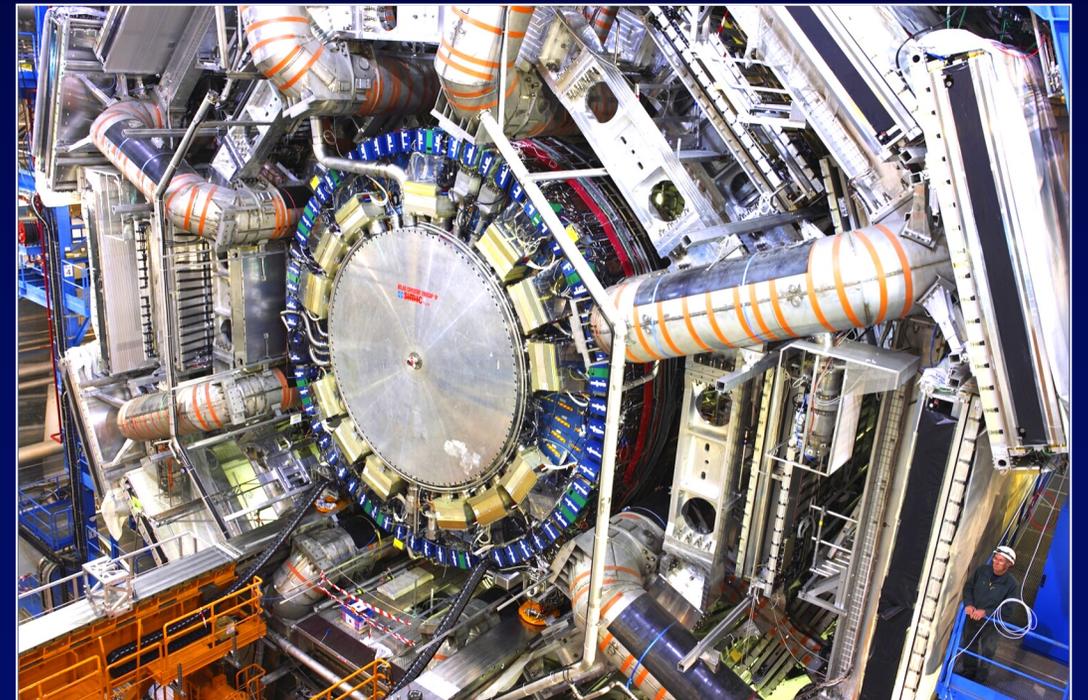
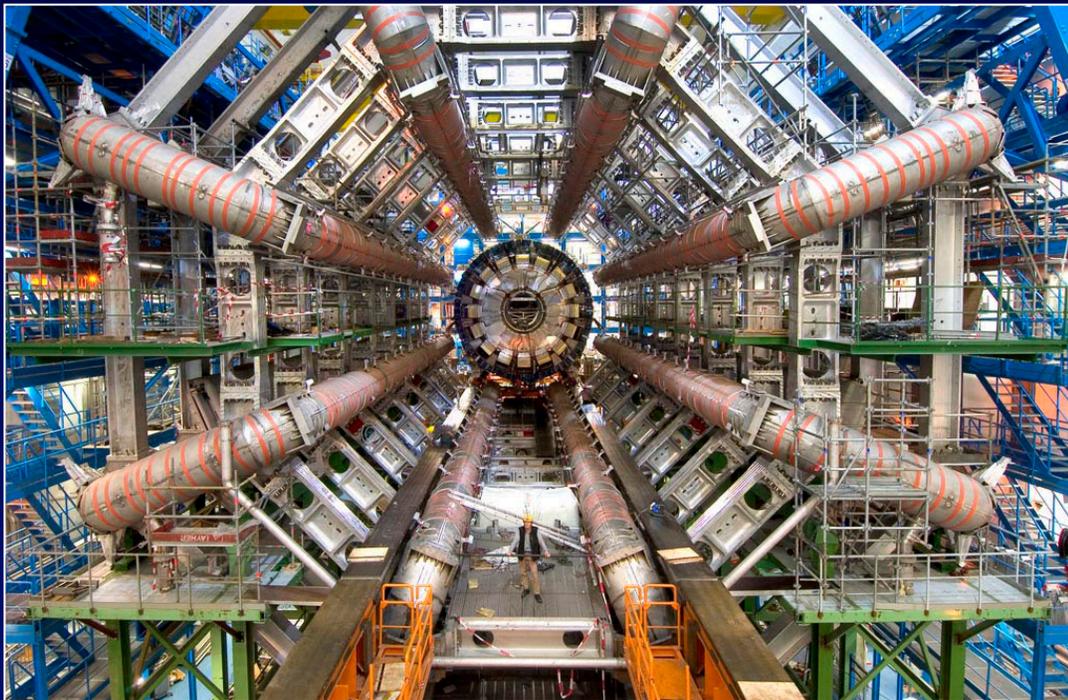
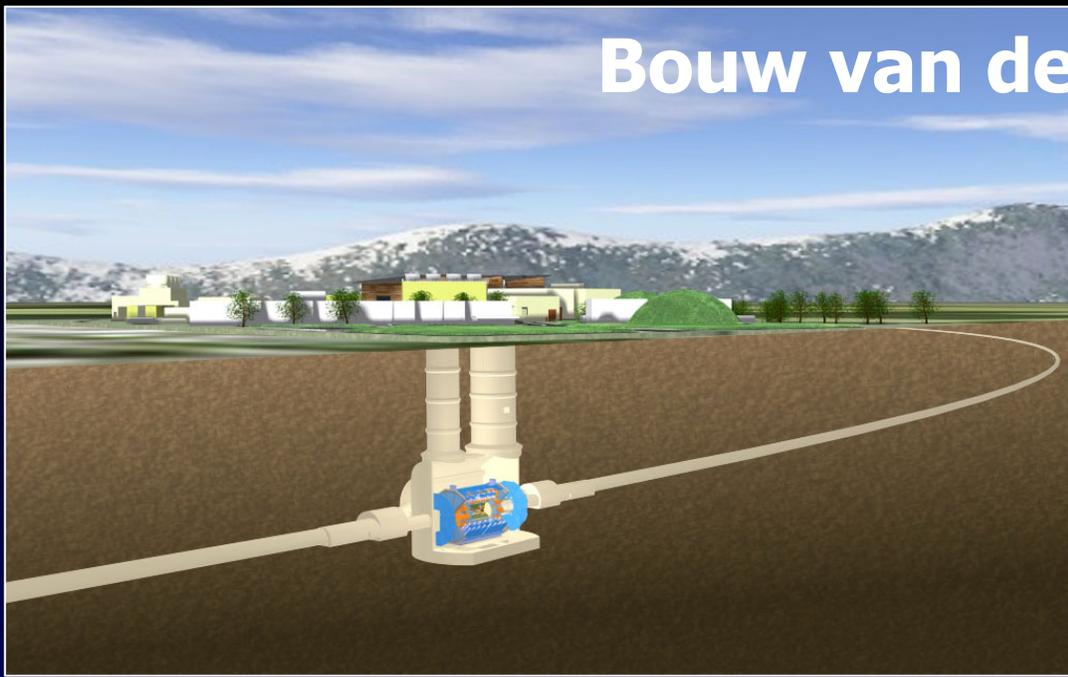
Member States (Dates of Accession)

AUSTRIA (1959)	DENMARK (1953)	GREECE (1953)	NORWAY (1953)	SPAIN (1/1961-12/1968-1/1983)
BELGIUM (1953)	FINLAND (1991)	HUNGARY (1992)	POLAND (1991)	SWEDEN (1953)
BULGARIA (1999)	FRANCE (1953)	ITALY (1953)	PORTUGAL (1986)	SWITZERLAND (1953)
CZECH FR (1993)	GERMANY (1953)	NETHERLANDS (1953)	SLOVAK FR (1993)	UNITED KINGDOM (1953)

# CERN: Deeltjes Fysica lab



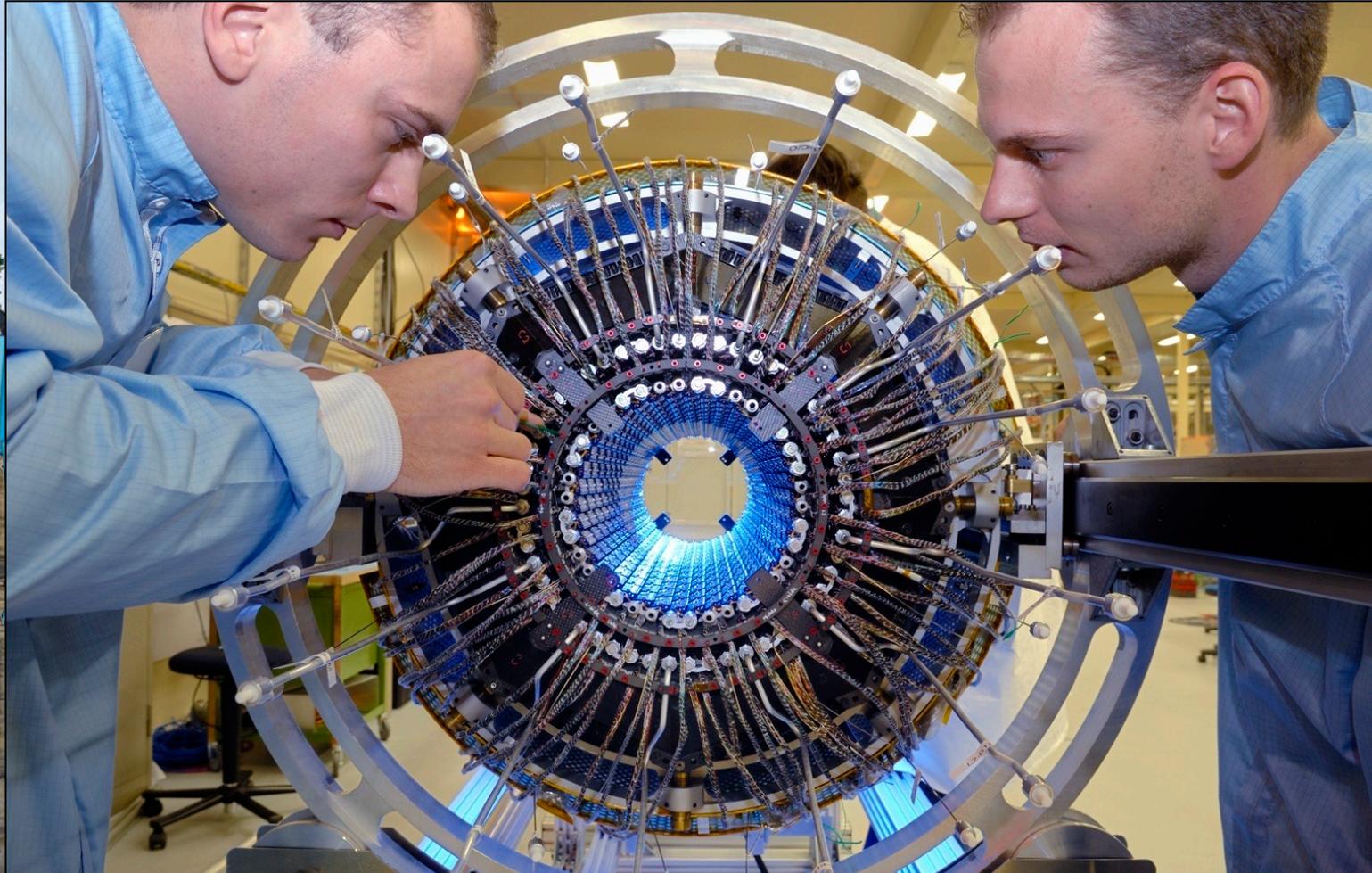
# Bouw van de Atlas detector



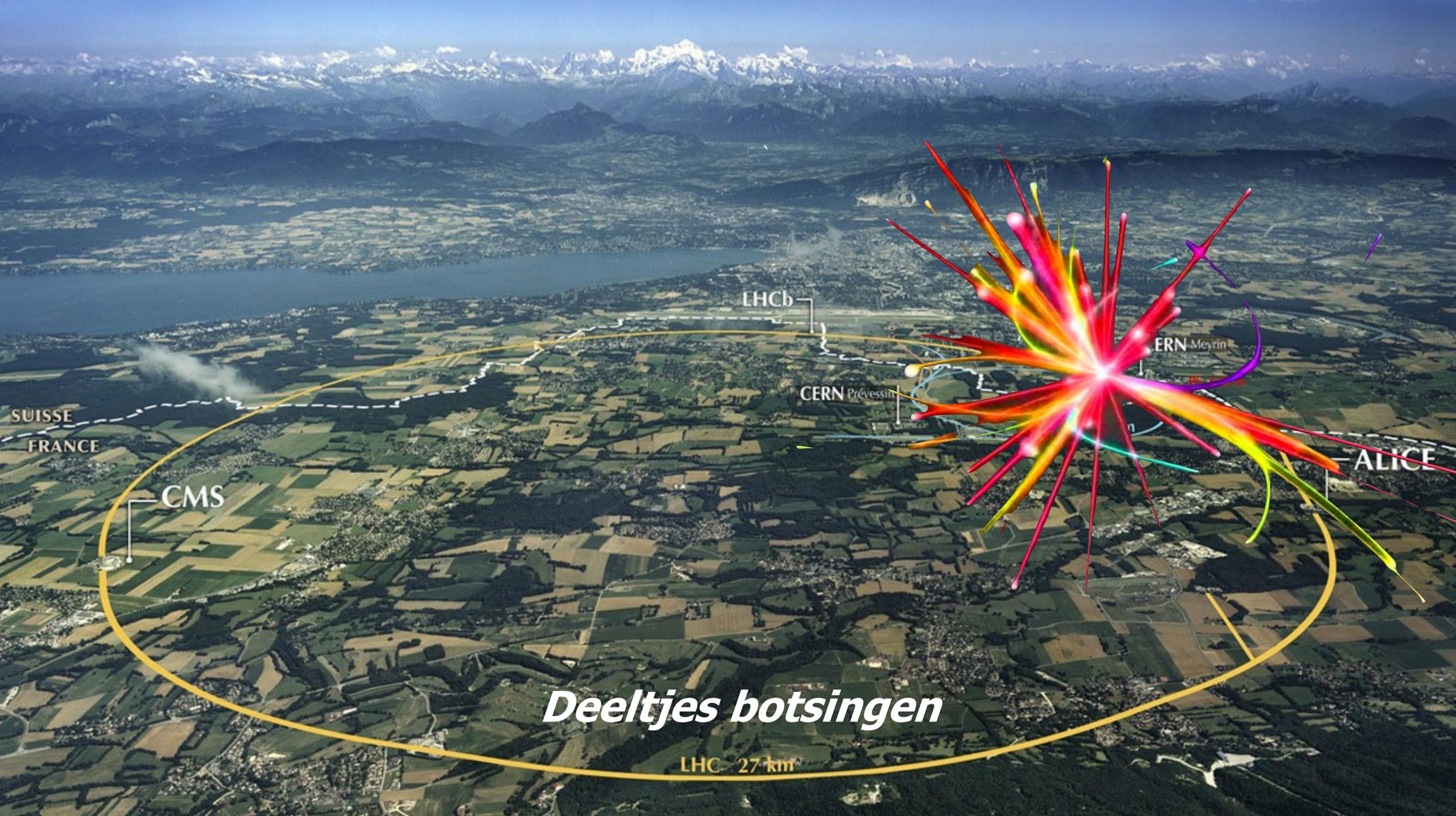
# Het Atlas Experiment

*Het grootste fototoestel op aarde*

- 45 m x 25 m
- 3000 fysici



80 MegaPixel "camera": 40.000.000 foto's per seconde



LHCb

CERN Meyrin

CERN Prévessin

SUISSE  
FRANCE

CMS

ALICE

# Deeltjes botsingen

LHC 27 km

QM: "Alles dat **kan** gebeuren **zal** gebeuren"



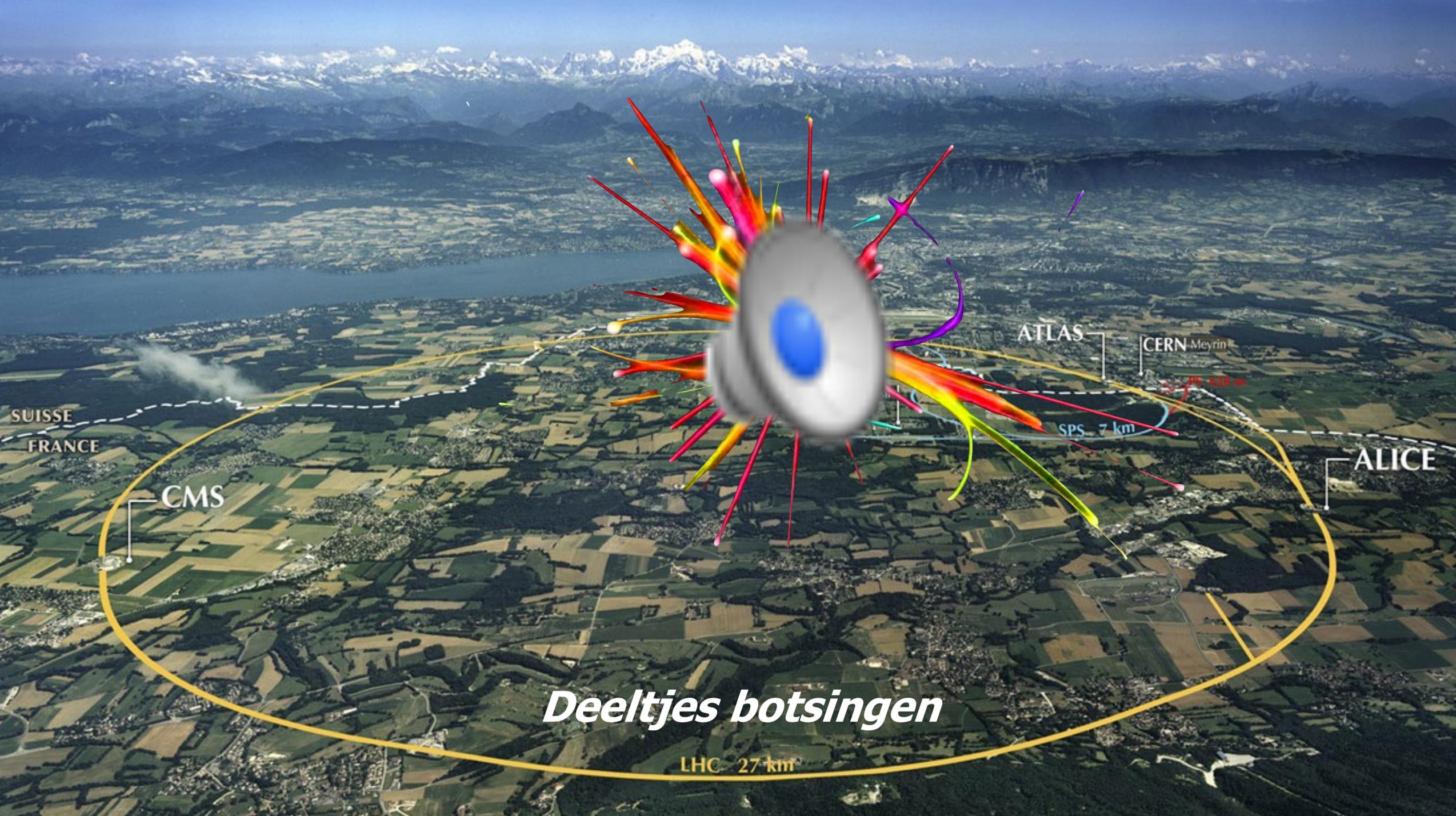
SUISSE  
FRANCE

CMS

ALICE

*Deeltjes botsingen*

LHC 27 km



SUISSE  
FRANCE

CMS

ATLAS

CERN Meyrin

SPS 7 km

PS 4.28 km

ALICE

# Deeltjes botsingen

LHC 27 km

# De Elementaire Deeltjes

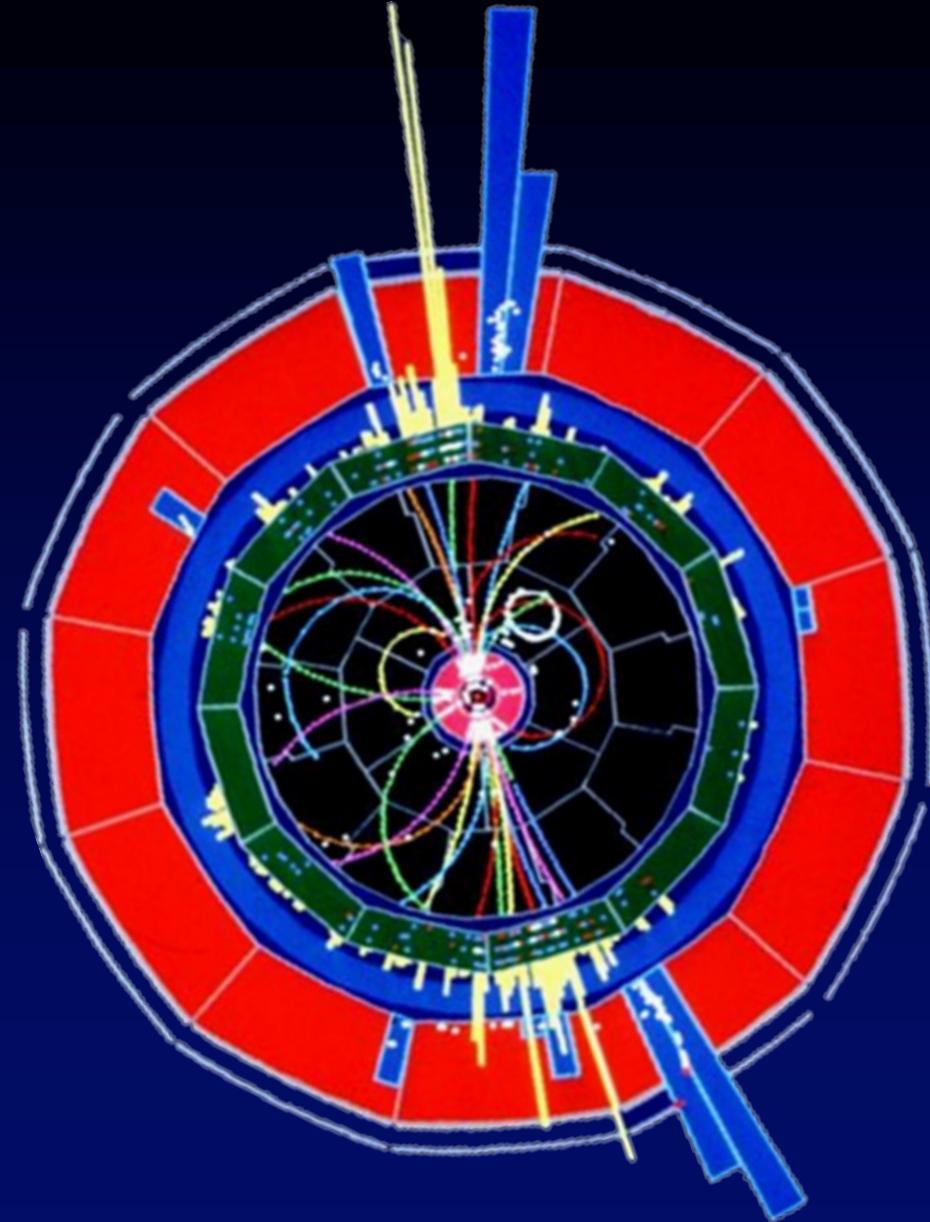
Generatie:

	I	II	III	<u>Lading</u>
quarks	<b>u</b> (1976)	<b>c</b> (1976)	<b>t</b> (1995)	+2/3 e
	<b>d</b> (1947)	<b>s</b> (1947)	<b>b</b> (1978)	-1/3 e

3 "generaties" van deeltjes!

leptons	<b>e</b> (1895)	<b><math>\mu</math></b> (1936)	<b><math>\tau</math></b> (1973)	-1 e
	<b><math>\nu_e</math></b> (1956)	<b><math>\nu_\mu</math></b> (1963)	<b><math>\nu_\tau</math></b> (2000)	0 e

Materie



# De Elementaire Deeltjes

Generatie:

	I	II	III	<u>Lading</u>
quarks	<b>u</b>	<b>c</b>	<b>t</b>	+2/3 e
	<b>d</b>	<b>s</b>	<b>b</b>	-1/3 e

3 "generaties" van deeltjes!

leptons	<b>e</b>	<b>μ</b>	<b>τ</b>	-1 e
	<b>ν<sub>e</sub></b>	<b>ν<sub>μ</sub></b>	<b>ν<sub>τ</sub></b>	0 e

Materie

	I	II	III
-2/3 e	<b>ū</b>	<b>c̄</b>	<b>t̄</b>
+1/3 e	<b>d̄</b>	<b>s̄</b>	<b>b̄</b>

3 "generaties" van anti-deeltjes!

+1 e	<b>ē</b>	<b>μ̄</b>	<b>τ̄</b>
0 e	<b>ν̄<sub>e</sub></b>	<b>ν̄<sub>μ</sub></b>	<b>ν̄<sub>τ</sub></b>

Anti-materie

# De Elementaire Deeltjes

Generatie:

	I	II	III	<u>Lading</u>
quarks	<b>u</b>	<b>c</b>	<b>t</b>	+2/3 e
	<b>d</b>	<b>s</b>	<b>b</b>	-1/3 e

<u>Lading</u>	I	II	III
-2/3 e	<b><math>\bar{u}</math></b>	<b><math>\bar{c}</math></b>	<b><math>\bar{t}</math></b>
+1/3 e	<b><math>\bar{d}</math></b>	<b><math>\bar{s}</math></b>	<b><math>\bar{b}</math></b>

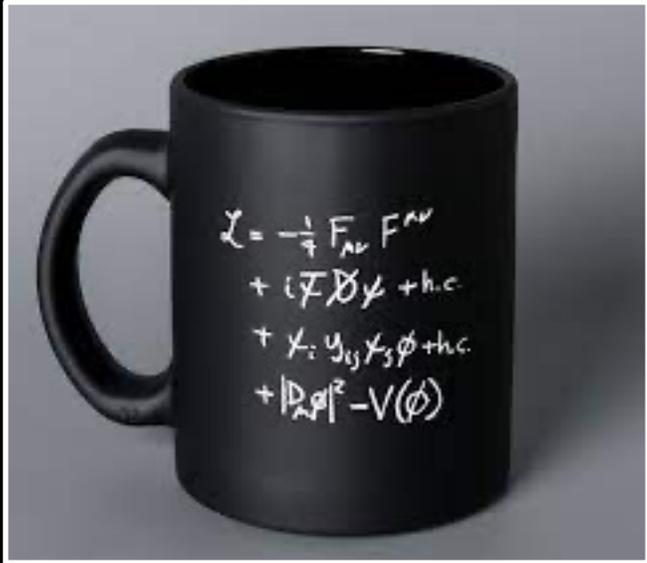
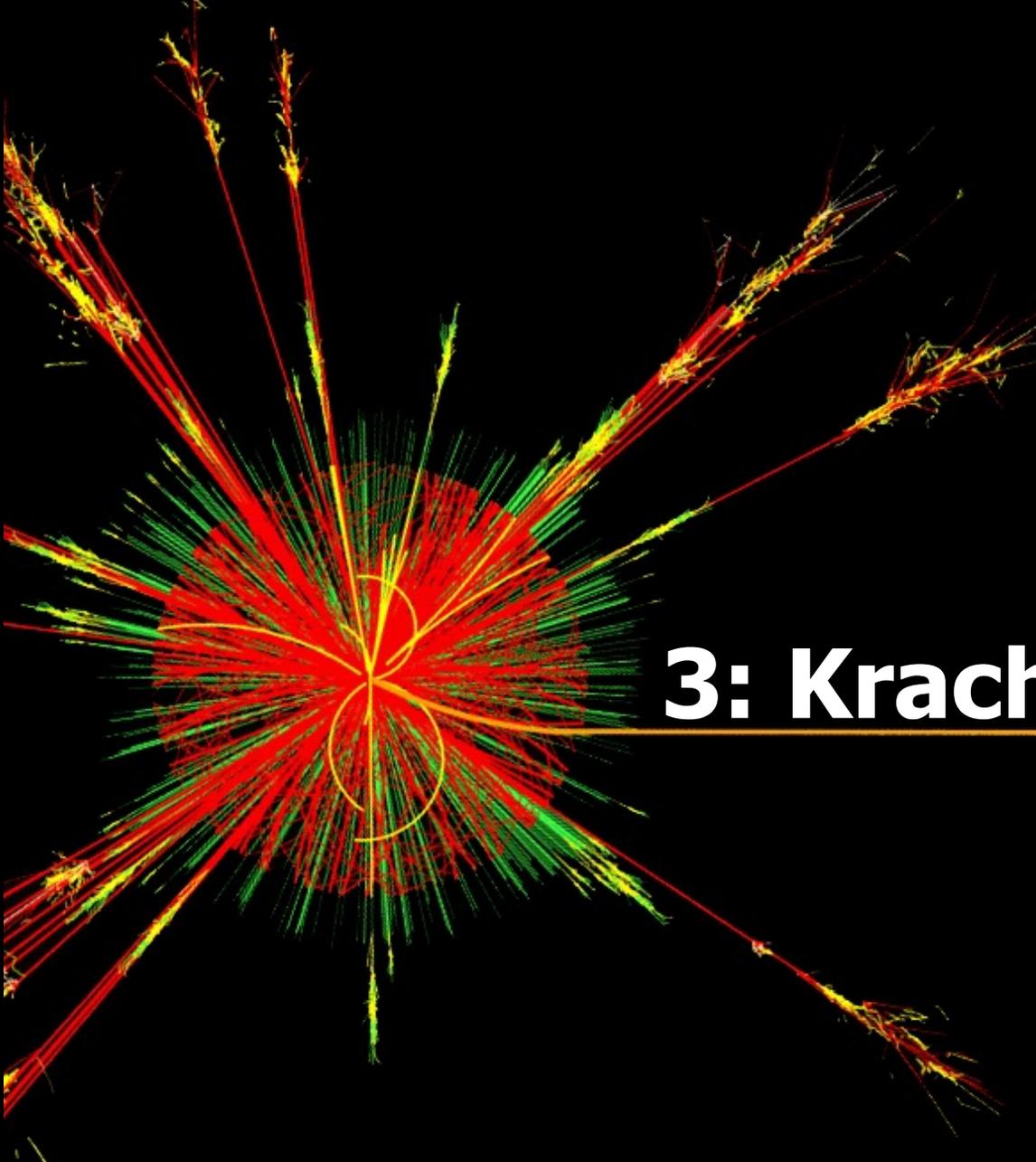
“Flavor puzzle”: Waarom bestaan er 3 generaties van deeltjes??

leptons	<b>e</b>	<b><math>\mu</math></b>	<b><math>\tau</math></b>	-1 e
	<b><math>\nu_e</math></b>	<b><math>\nu_\mu</math></b>	<b><math>\nu_\tau</math></b>	0 e

Materie

+1 e	<b><math>\bar{e}</math></b>	<b><math>\bar{\mu}</math></b>	<b><math>\bar{\tau}</math></b>
0 e	<b><math>\bar{\nu}_e</math></b>	<b><math>\bar{\nu}_\mu</math></b>	<b><math>\bar{\nu}_\tau</math></b>

Anti-materie



# 3: Krachten: "Standaard Model"

Fermionen: spin=1/2 deeltjes

Quarks		
u	c	t
d	s	b

bosonen spin=1 deeltjes

Krachten	
Z	$\gamma$
W	g

Higgs field

$v_e$	$v_\mu$	$v_\tau$
e	$\mu$	$\tau$

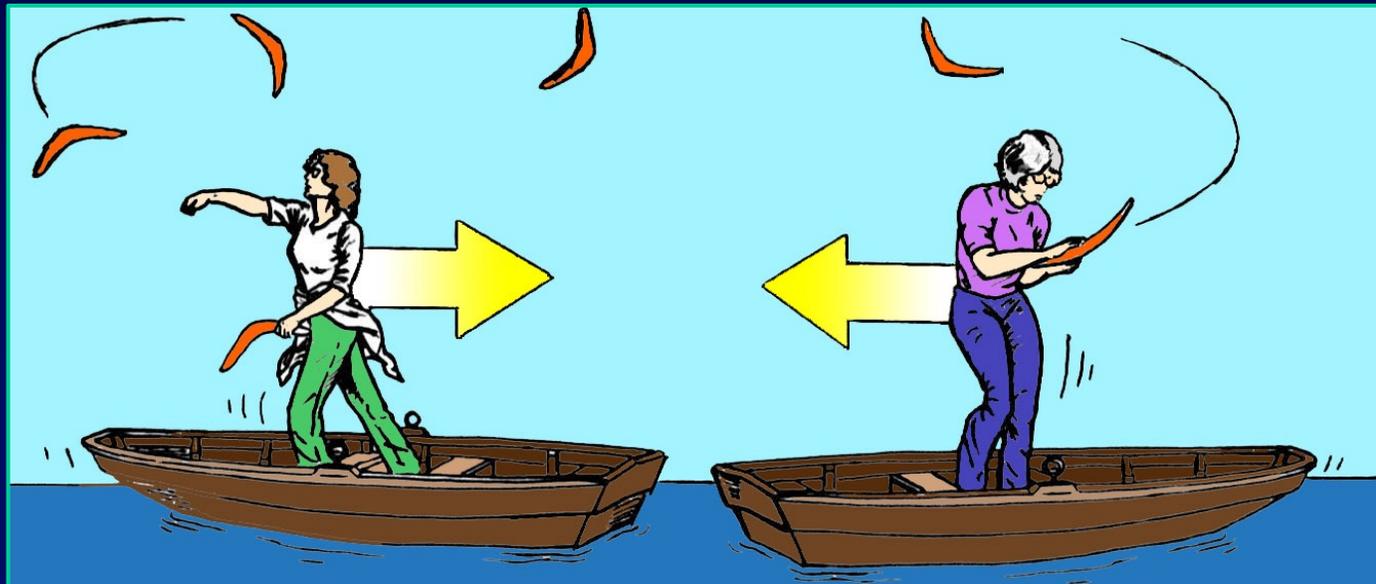
Leptonen

# Krachten in quantum mechanica: deeltjesuitwisseling



“Afstotende kracht”

Er is geen  
“aktie op afstand”



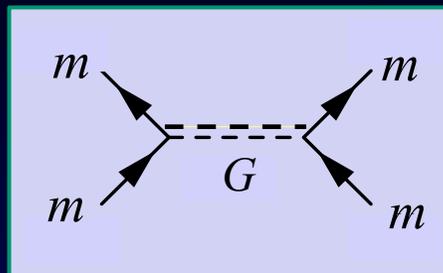
“Aantrekkende kracht”

# Vier fundamentele natuurkrachten

## Zwaartekracht:

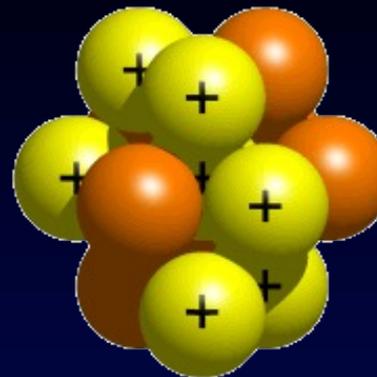


Quantum  
Graviton exchange?



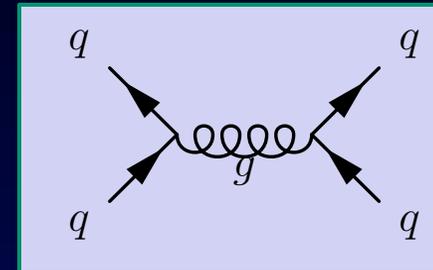
Werkt op alle deeltjes met massa

## Sterke kernkracht:



Werkt op alle quarks

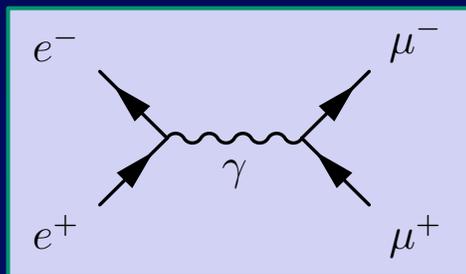
Quantum  
gluon exchange:



## Elektromagnetisme:



Quantum  
photon exchange:



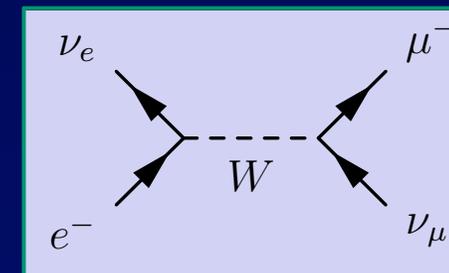
Werkt op alle elektrisch geladen deeltjes

## Zwakke kernkracht:



Werkt op alle deeltjes

Quantum  
W, Z exchange:

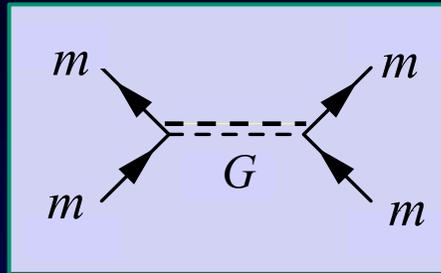


# Vier fundamentele natuurkrachten

## Zwaartekracht:

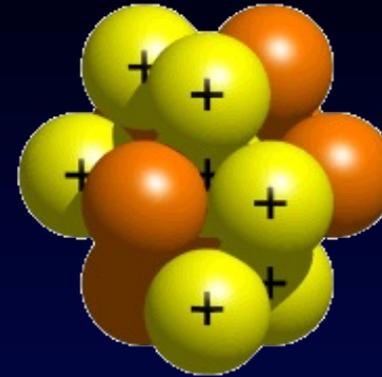


Quantum  
Graviton exchange?



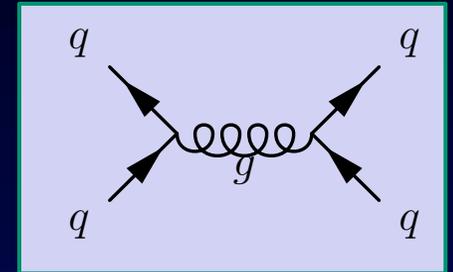
Werkt op alle deeltjes met massa

## Sterke kernkracht:



Werkt op alle quarks

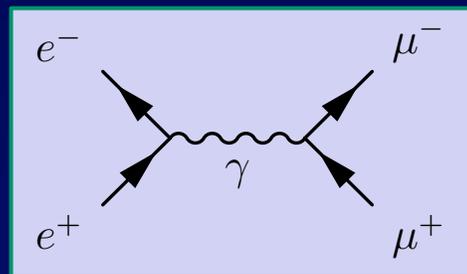
Quantum  
gluon exchange:



## Elektromagnetische:

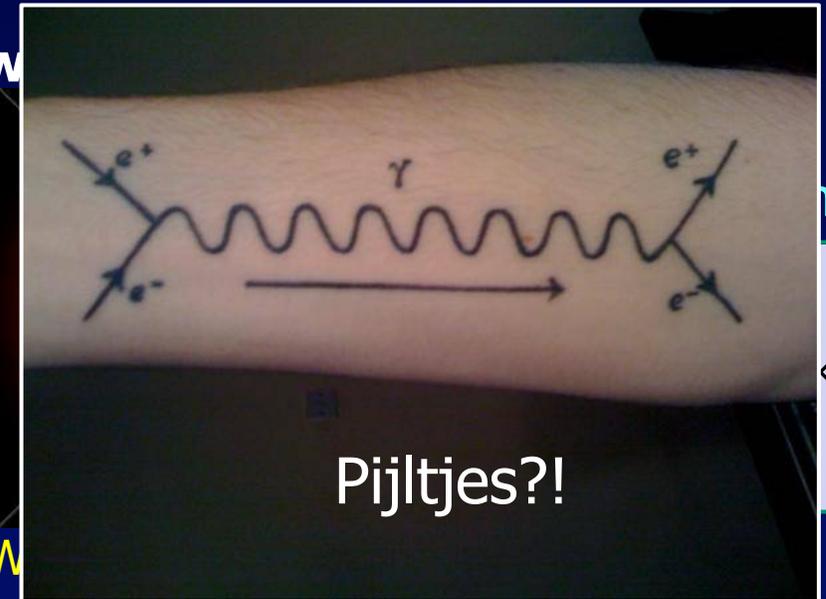


Quantum  
photon exchange:



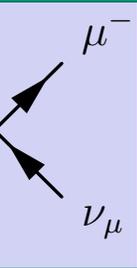
Werkt op alle geladen deeltjes

## Zwakke:



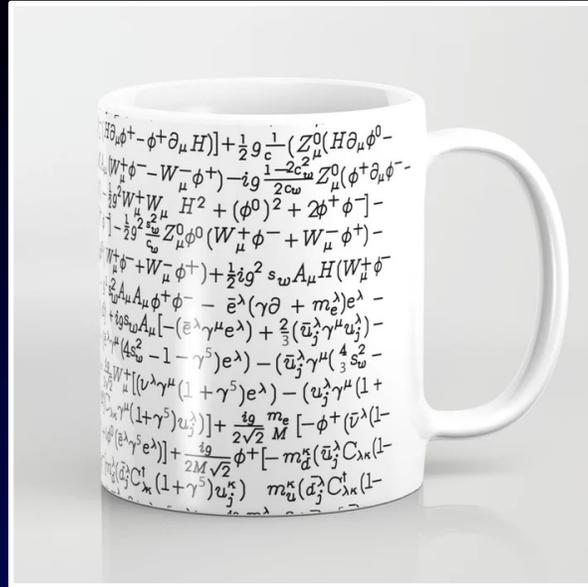
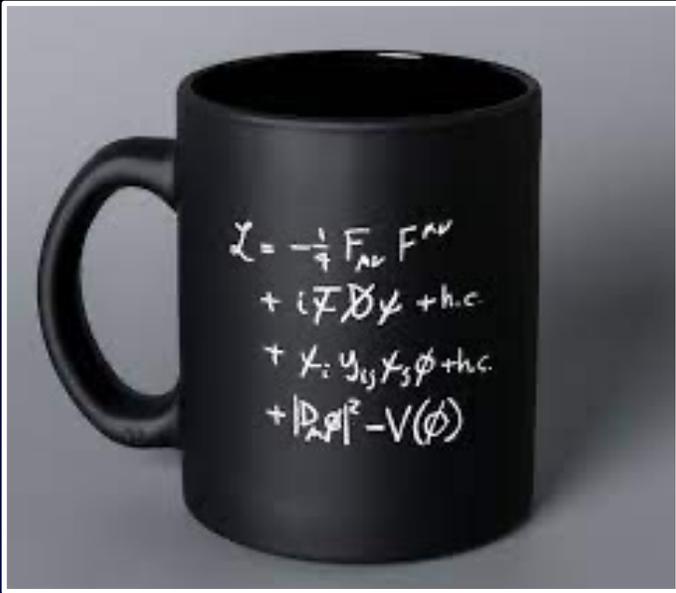
Pijltjes?!

Quantum  
exchange:

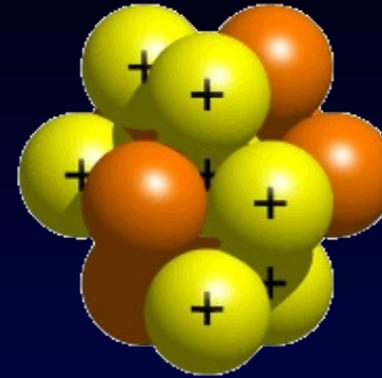




# Het Standaardmodel

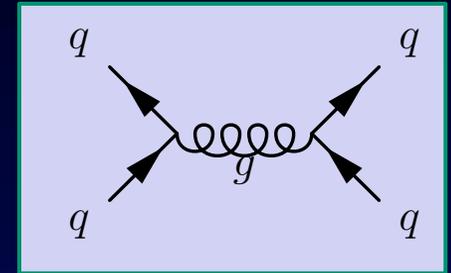


## Sterke kernkracht:

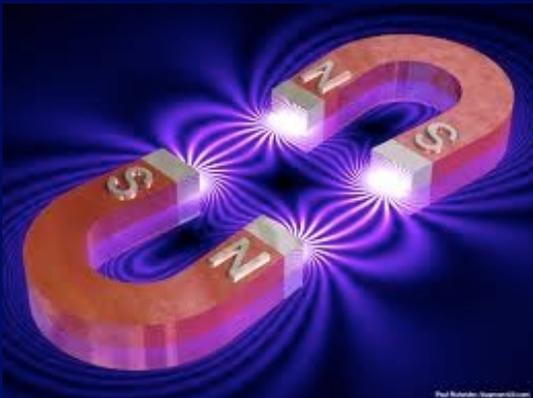


Werkt op alle quarks

## Quantum gluon exchange:

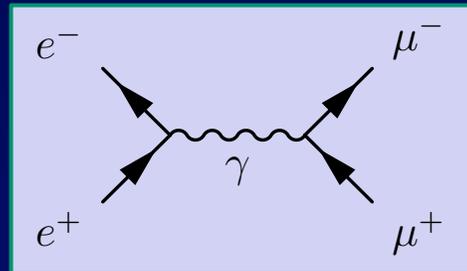


## Elektromagnetisme:

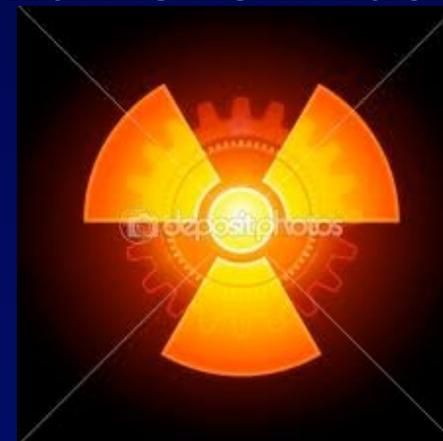


Werkt op alle elektrisch geladen deeltjes

## Quantum photon exchange:

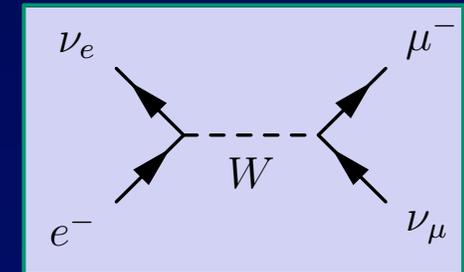


## Zwakke kernkracht:

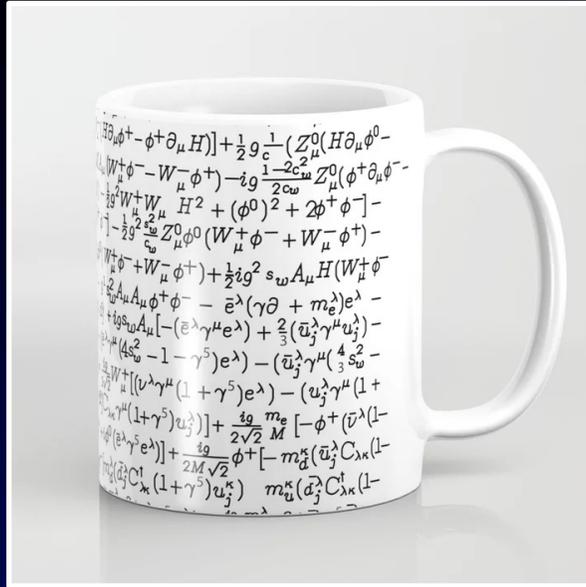
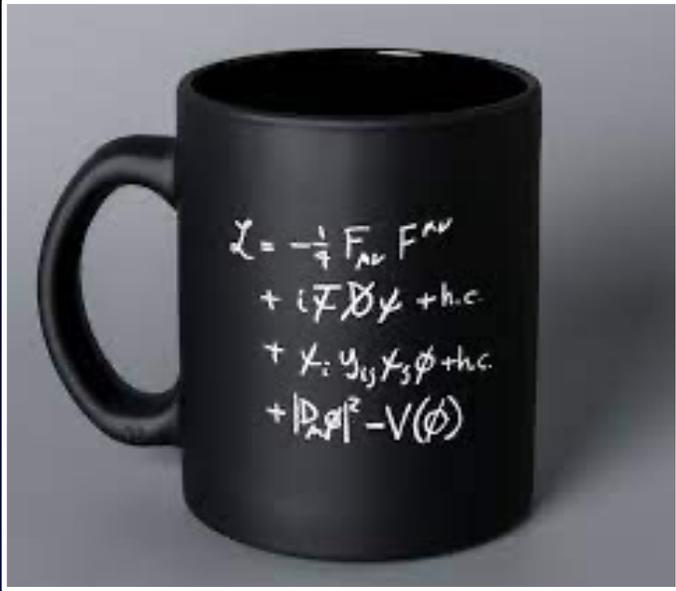


Werkt op alle deeltjes

## Quantum W, Z exchange:



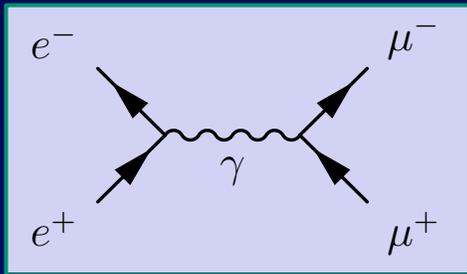
# Het Standaardmodel



## Elektromagnetisme:

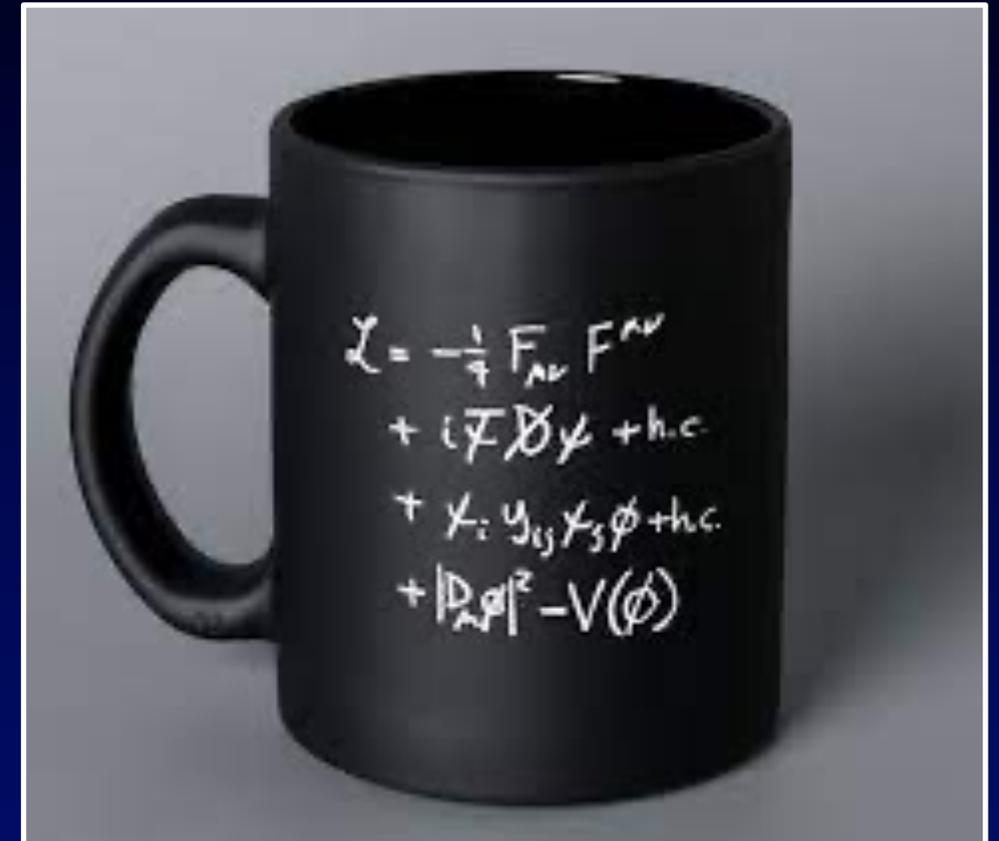
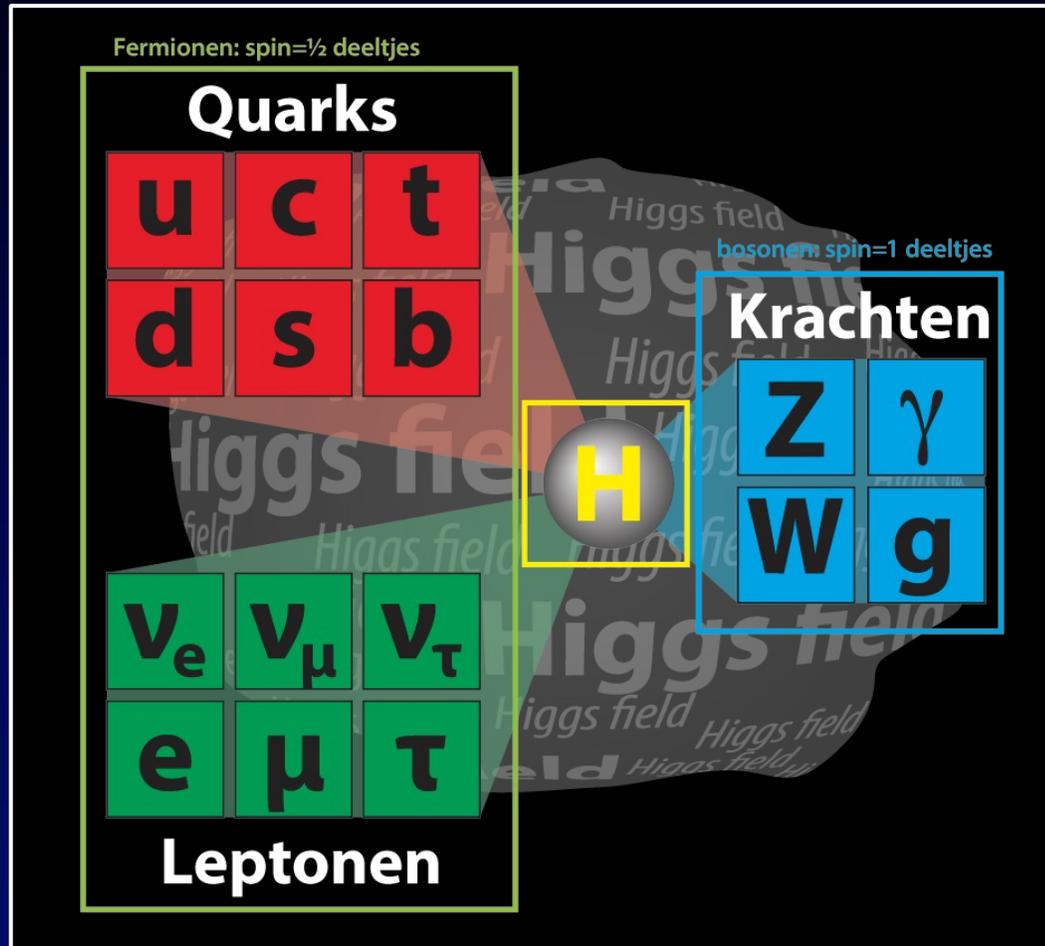


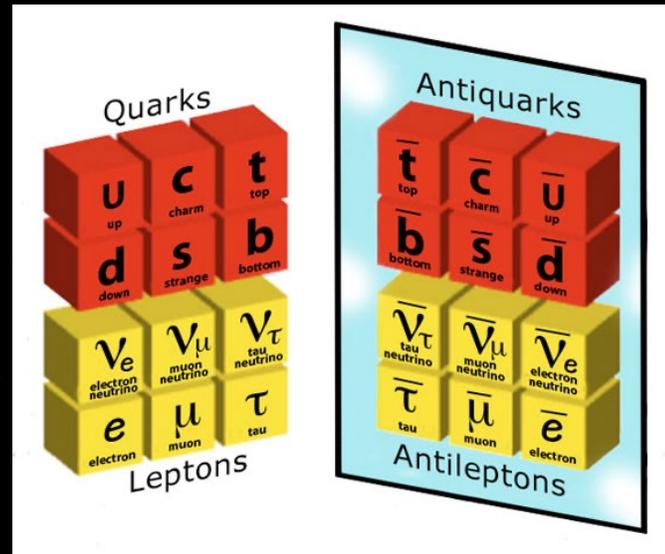
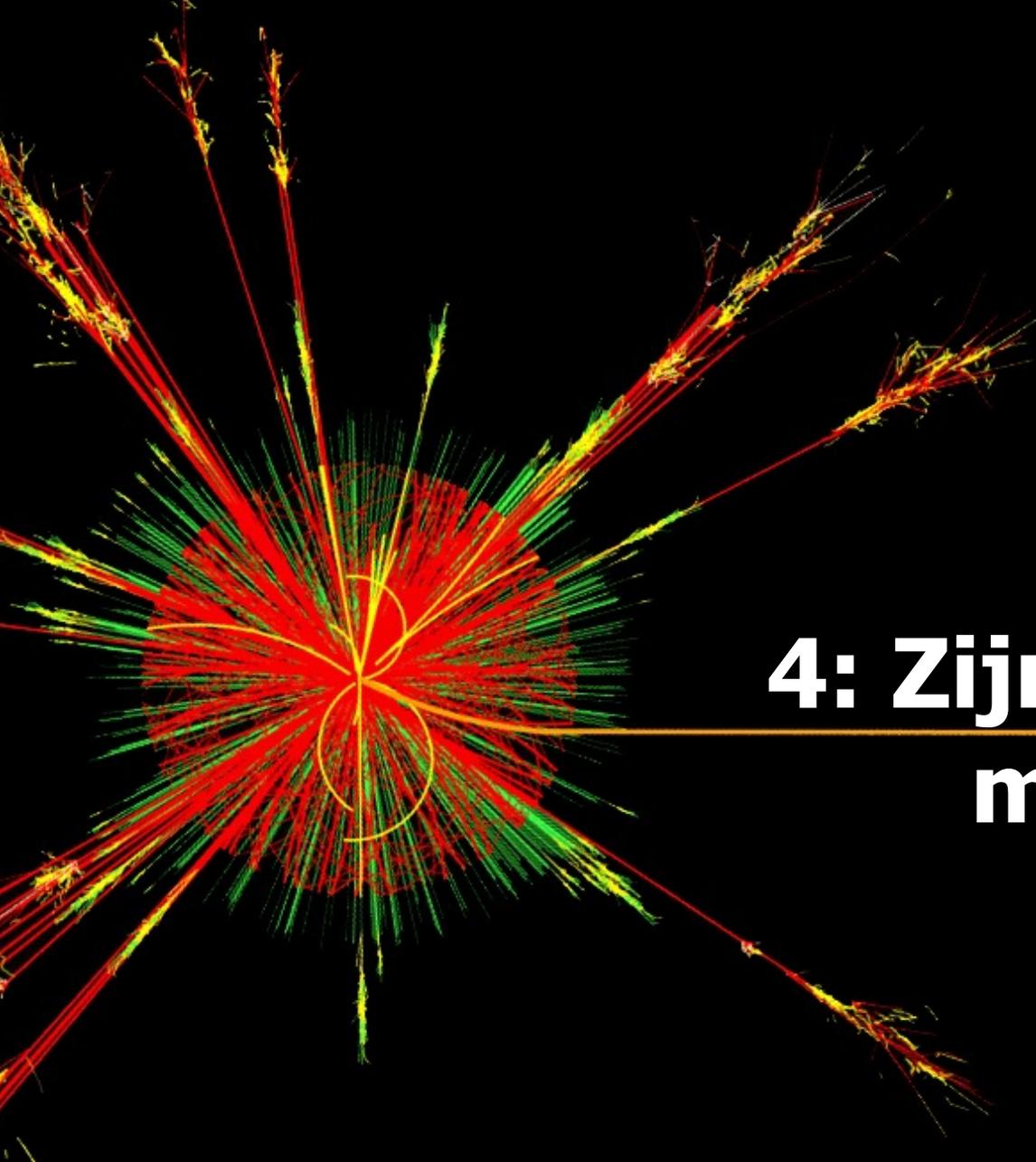
## Quantum photon exchange:



Werkt op alle elektrisch geladen deeltjes

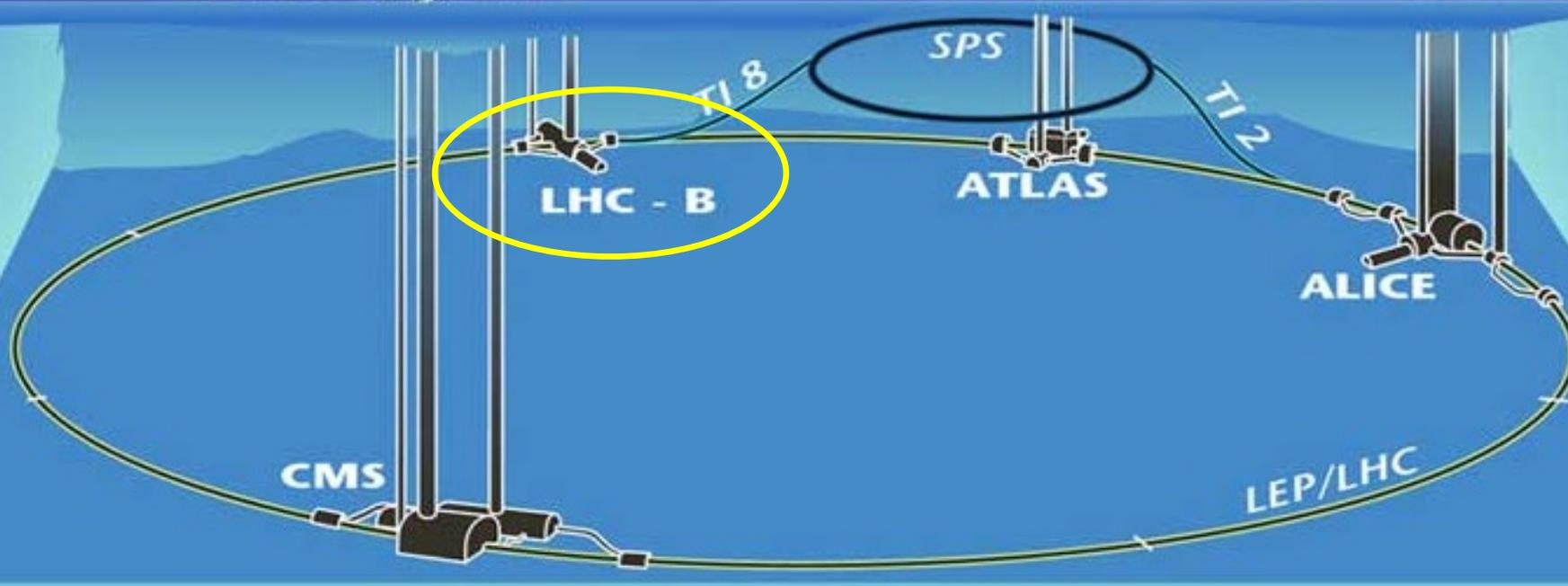
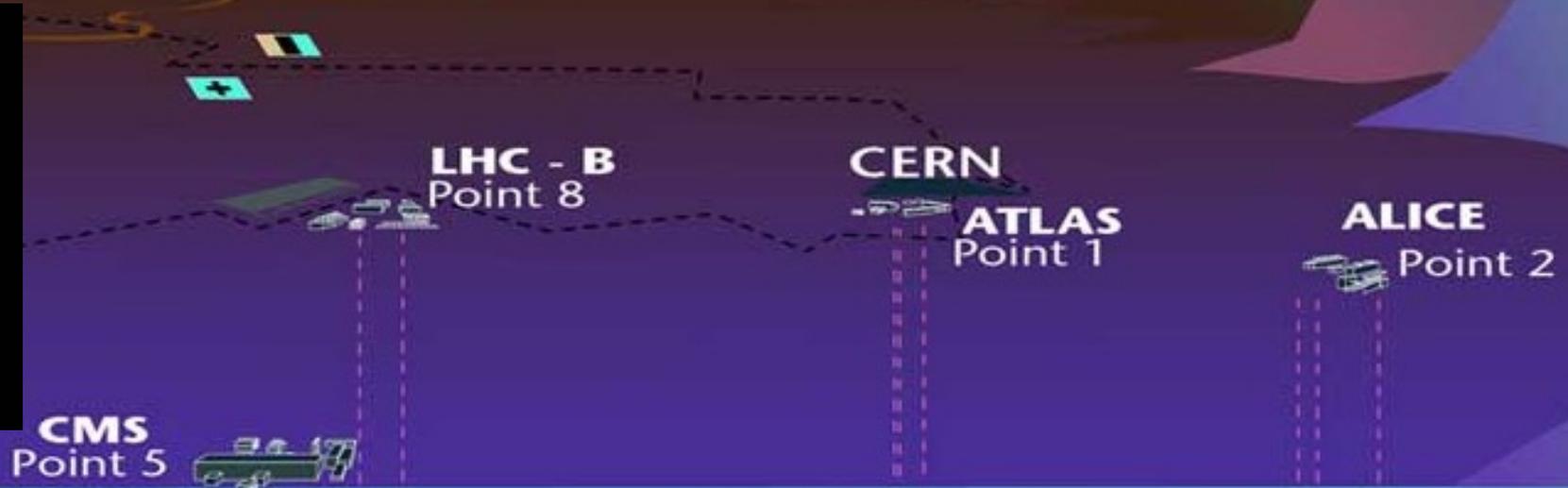
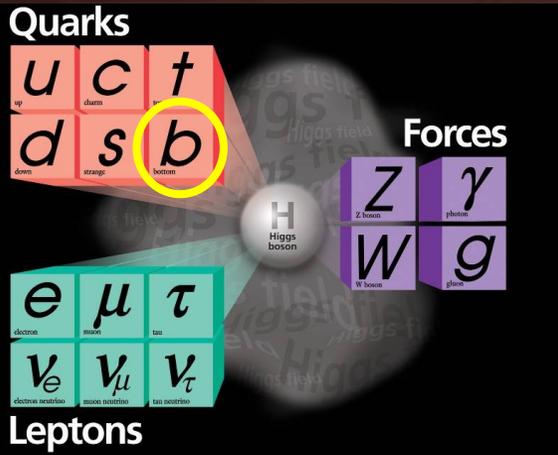
# Het Standaardmodel



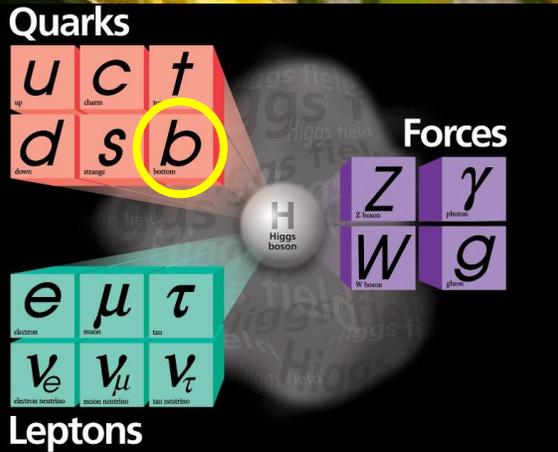


## 4: Zijn krachten identiek voor materie and antimaterie?

# LHCb experiment: vervallen van **B** deeltjes



# LHCb Detector: B-deeltjes



Zoom in op botsingspunt

Reconstrueer miljoenen  $B$ -deeltjes vervallen en selecteer interessante gevallen. Gaat dit anders bij materie dan bij antimaterie?



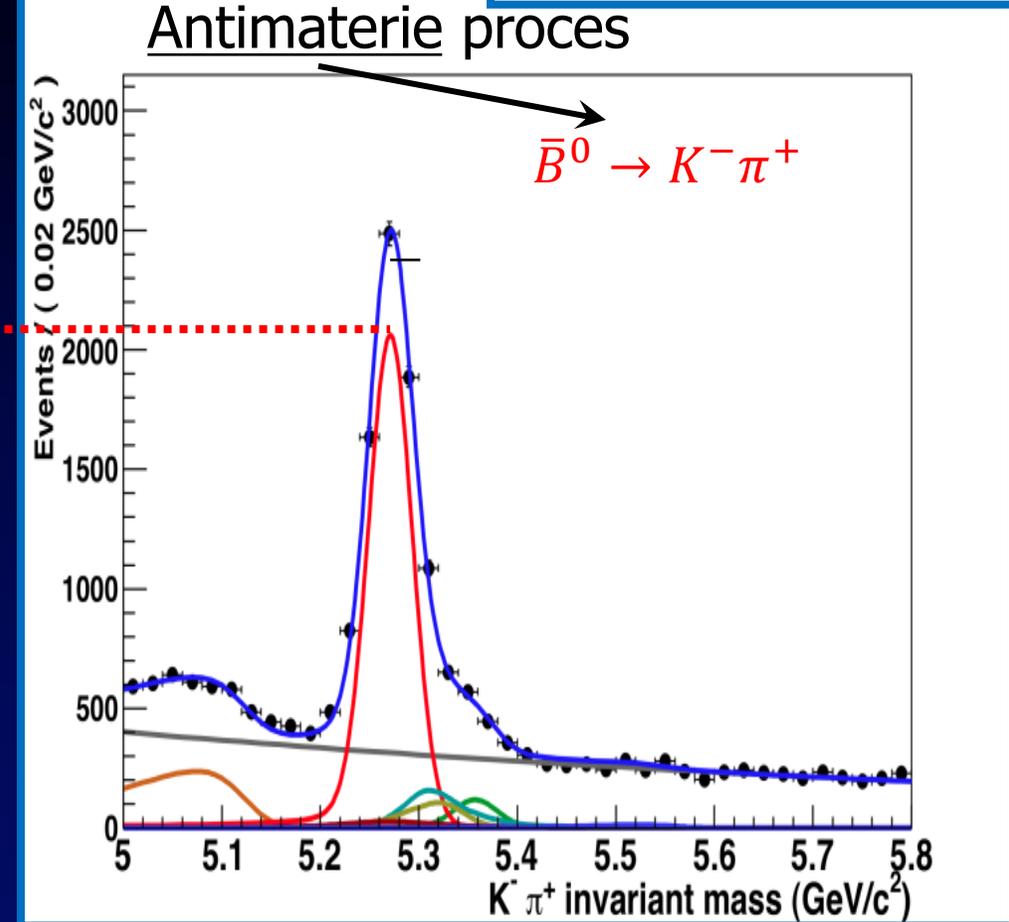
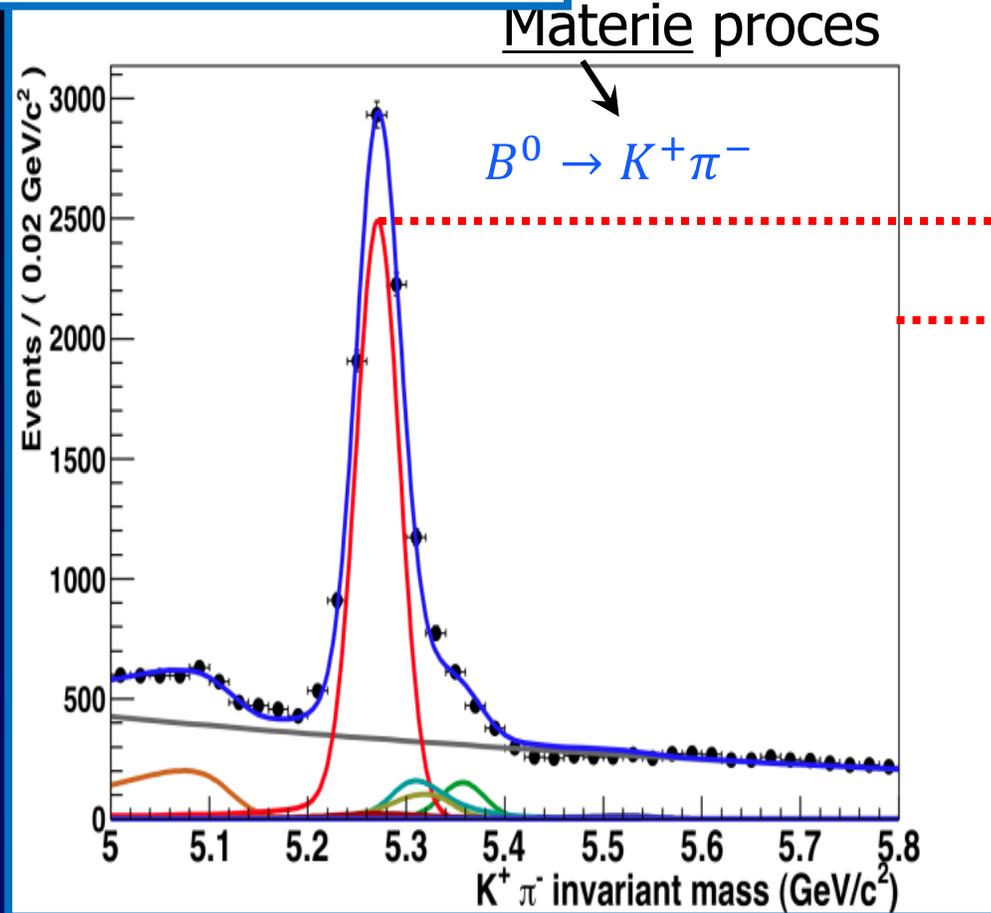
23 sep 2010  
Run 79646

19:49:24  
Event 143858637

# B-vervalsproces: materie vs antimaterie

*B deeltje* verval naar  
een  $K^+$  en een  $\pi^-$  particle

*anti-B deeltje* verval naar  
een  $K^-$  en een  $\pi^+$  deeltje

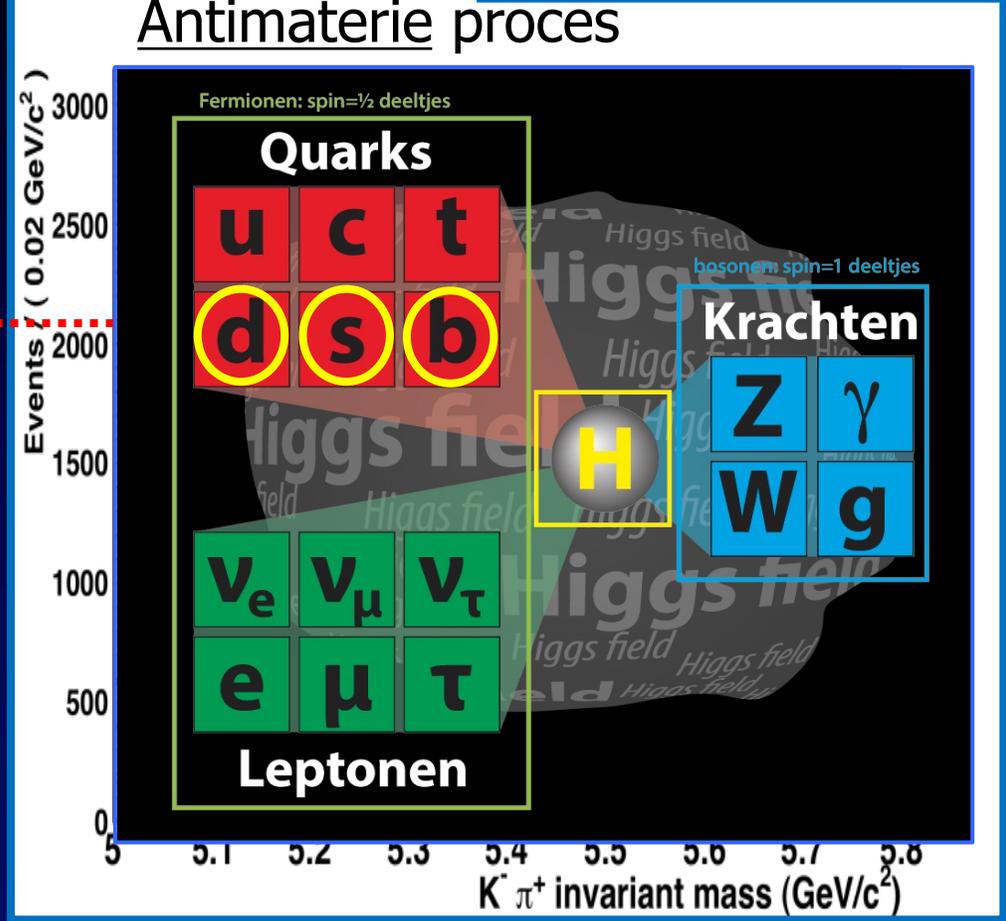
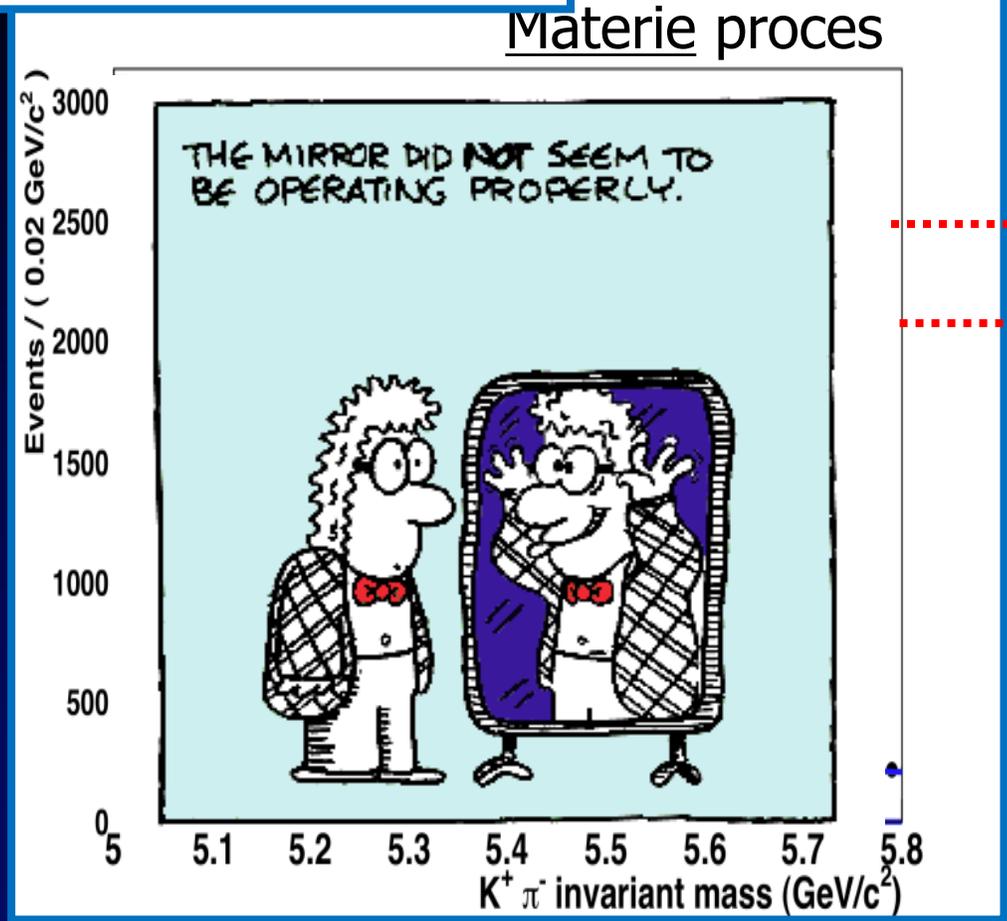


Asymmetrie: Materie vervalsproces anders dan antimaterie versie!  
Quantum krachten tussen deeltjes en anti-deeltjes niet geheel identiek!

# B-vervalsproces: materie vs antimaterie

**B deeltje** verval naar een  $K^+$  en een  $\pi^-$  particle

**anti-B deeltje** verval naar een  $K^-$  en een  $\pi^+$  deeltje



The materie – antimaterie symmetrie is verbroken

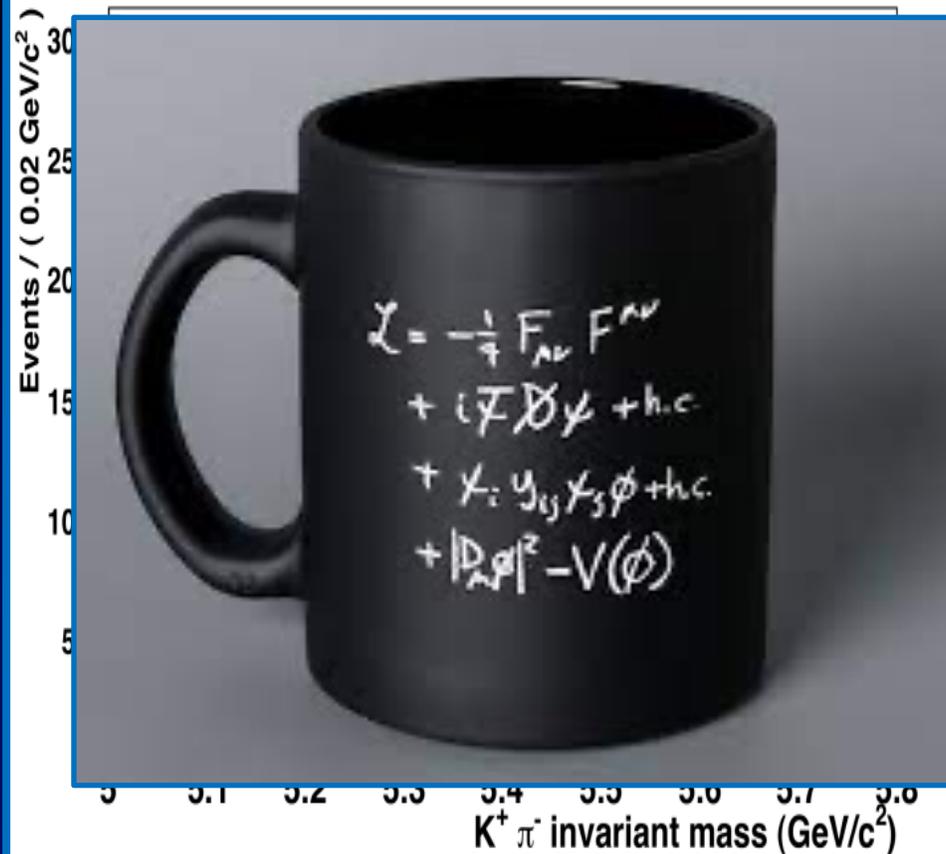
Dit gebeurt **alleen** als er tenminste **drie generaties** deeltjes bestaan!!!

# B-vervalsproces: materie vs antimaterie

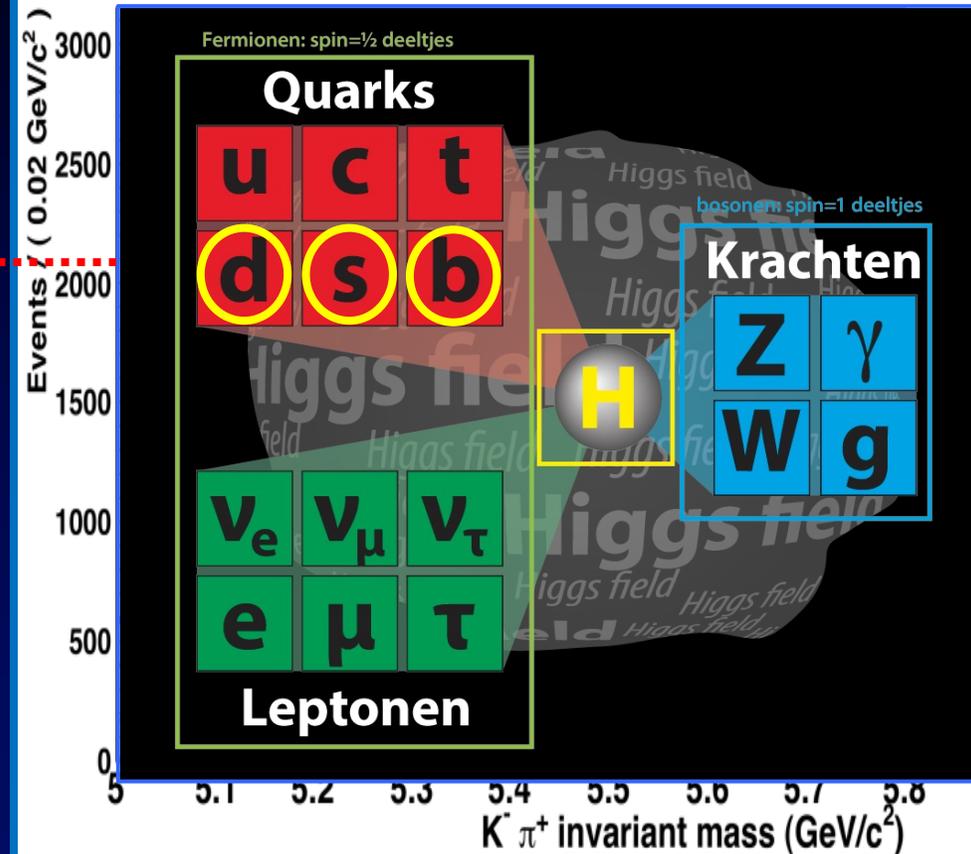
**B deeltje** verval naar  
een  $K^+$  en een  $\pi^-$  particle

**anti-B deeltje** verval naar  
een  $K^-$  en een  $\pi^+$  deeltje

Materie proces



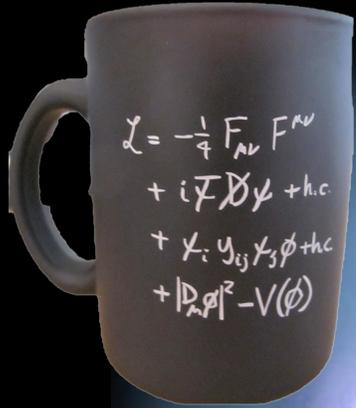
Antimaterie proces



The materie – antimaterie  
symmetrie is verbroken

Dit gebeurt **alleen** als er tenminste  
**drie generaties** deeltjes bestaan!!!

# Vroege Universum: waar is de antimaterie heen?



- Asymmetrie in kracht
- Beetje meer materie dan antimaterie
- Rest annihileert
- Materie universum blijft over



**Quarks**

u up	c charm	t top
d down	s strange	b bottom

**Leptons**

$\nu_e$ electron neutrino	$\nu_\mu$ muon neutrino	$\nu_\tau$ tau neutrino
e electron	$\mu$ muon	$\tau$ tau

50.000001%

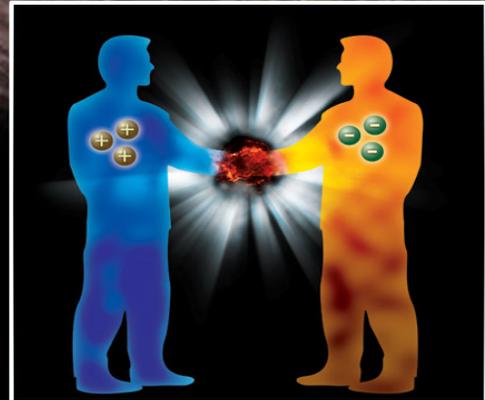
**Antiquarks**

$\bar{t}$ top	$\bar{c}$ charm	$\bar{u}$ up
$\bar{b}$ bottom	$\bar{s}$ strange	$\bar{d}$ down

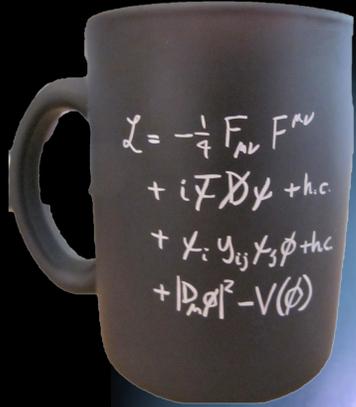
**Antileptons**

$\bar{\nu}_\tau$ tau neutrino	$\bar{\nu}_\mu$ muon neutrino	$\bar{\nu}_e$ electron neutrino
$\bar{\tau}$ tau	$\bar{\mu}$ muon	$\bar{e}$ electron

49.999999%



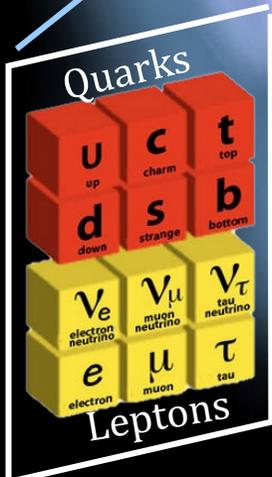
# Vroege Universum: waar is de antimaterie heen?



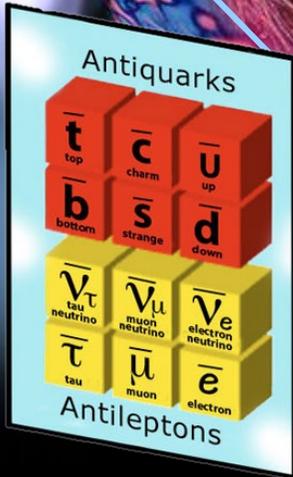
Helaas: het werkt niet!

Asymmetrie is niet groot genoeg.

**Verklaring vereist nieuwe kracht of deeltjes!**

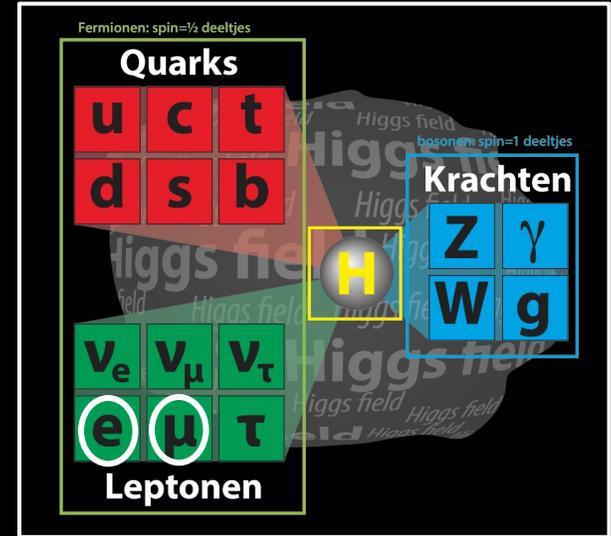
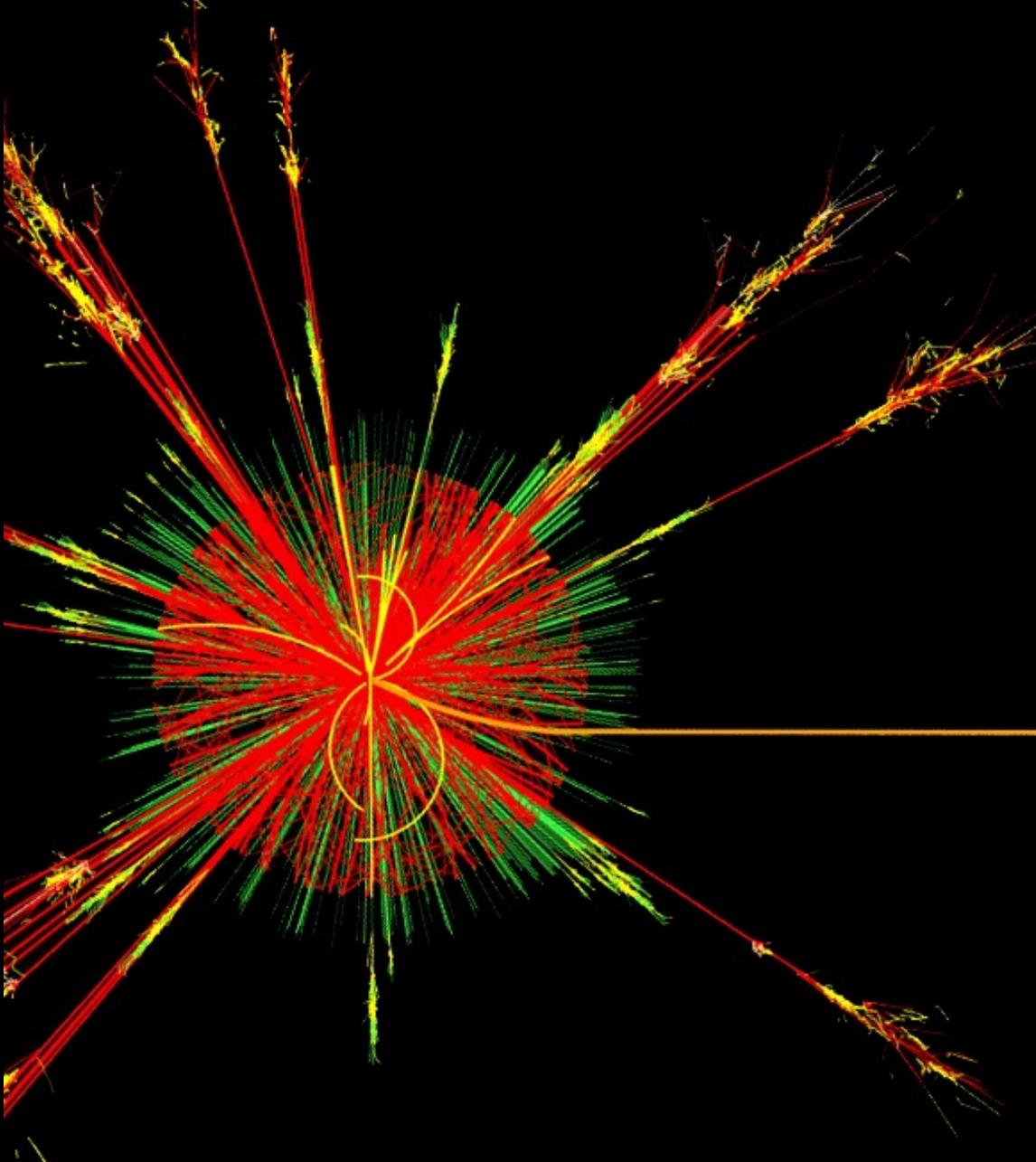


50.000001%

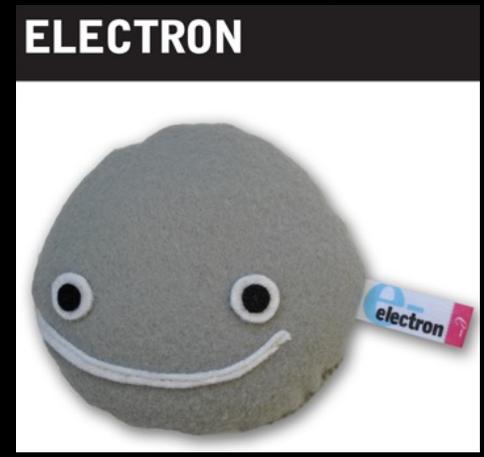


49.999999%

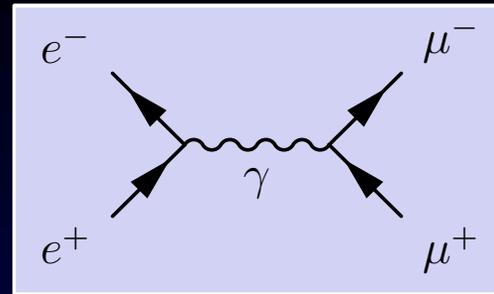
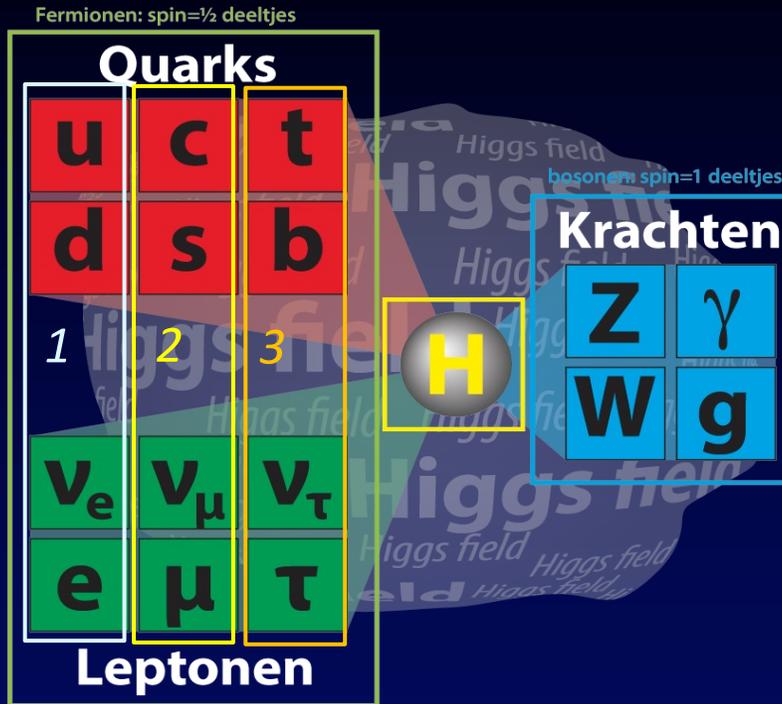




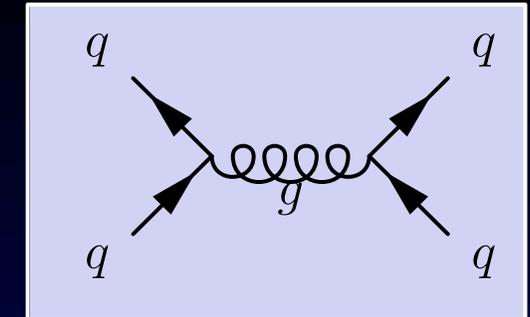
# 5: Universaliteit: een nieuwe kracht?



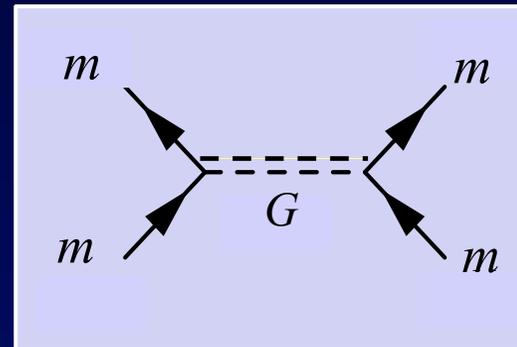
# Standaardmodel: Universaliteit van de Krachten



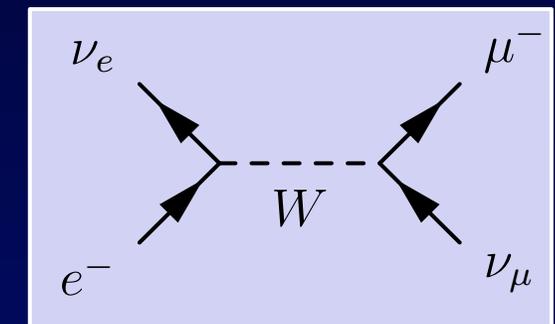
**Elektromagnetisme**



**Sterke kernkracht**



**Zwaartekracht**



**Zwakke kernkracht**

Krachten zijn identiek voor deeltjes van 1<sup>e</sup>, 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> generatie.

→ "Universaliteit"

Fermionen: spin=1/2 deeltjes

**Quarks**

u	c	t
d	s	b

Higgs field

**Krachten**

Z	$\gamma$
W	g

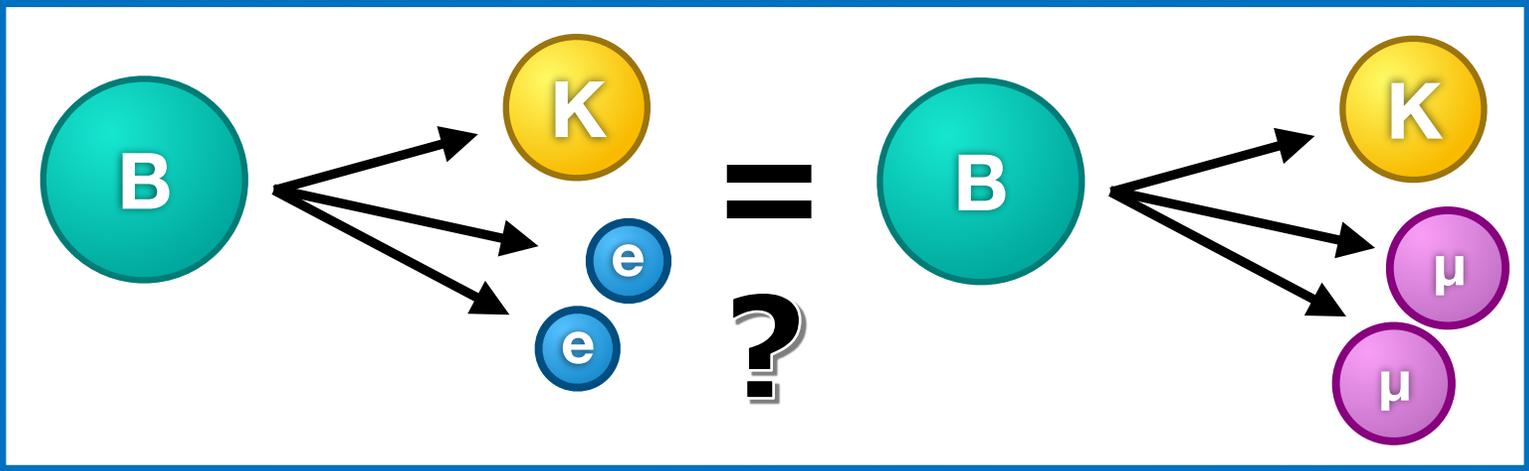
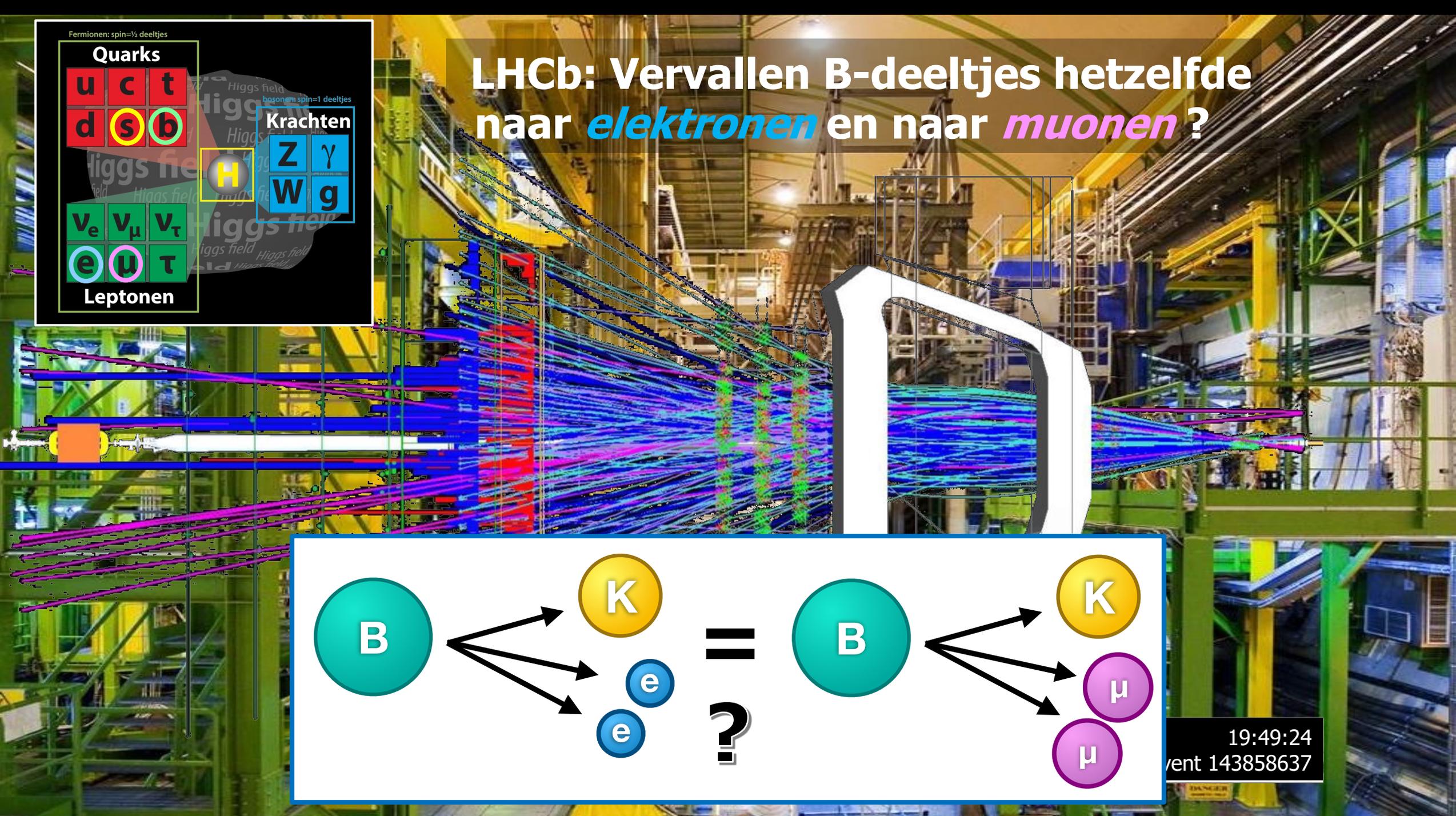
H

**Leptonen**

$\nu_e$	$\nu_\mu$	$\nu_\tau$
e	$\mu$	$\tau$

bosonen spin=1 deeltjes

# LHCb: Vervallen B-deeltjes hetzelfde naar *elektronen* en naar *muonen* ?



# LHCb: Vervallen B-deeltjes hetzelfde naar *elektronen* en naar *muonen*?

Fermionen: spin=1/2 deeltjes

**Quarks**

u	c	t
d	s	b

Higgs field  
boson spin=1 deeltjes

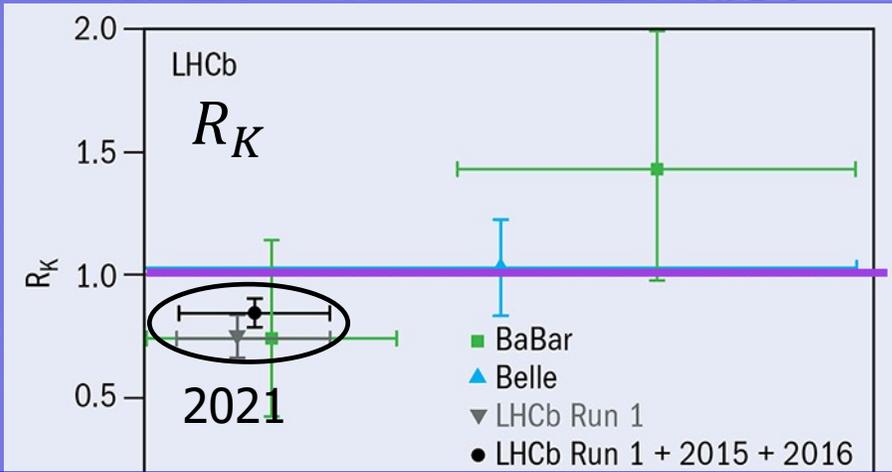
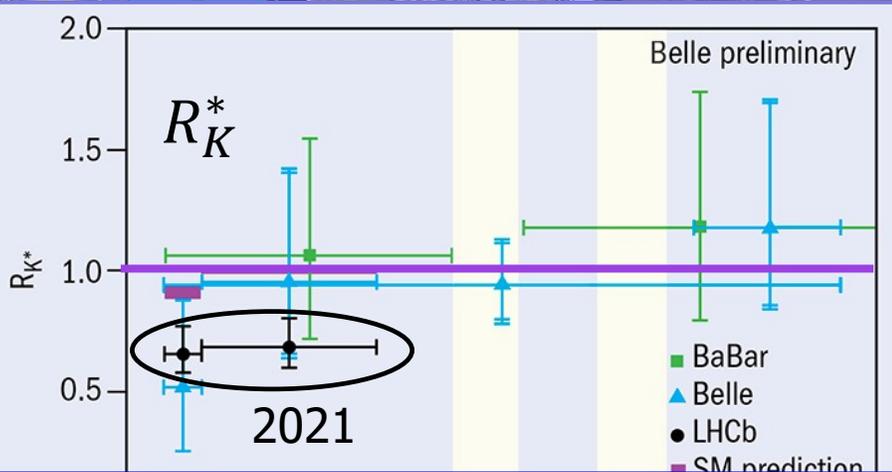
**Krachten**

Z	γ
---	---

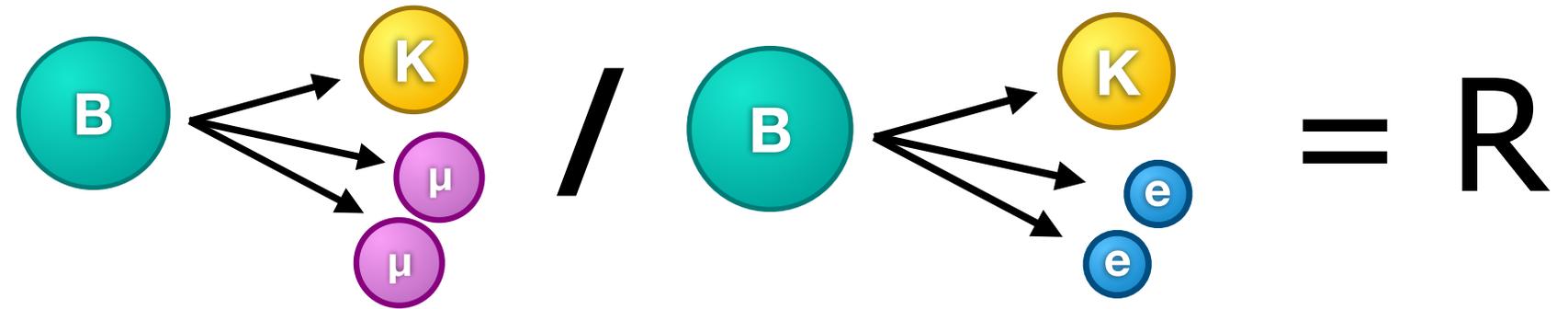
Higgs field

**Leptonen**

$\nu_e$	$\nu_\mu$	$\nu_\tau$
e	μ	τ



Recent resultaat: R niet precies 1??  
 → Verschillende kracht voor elektronen and muonen?!



# 23 Maart 2021: Krantenkoppen... "voorzichtige opwinding"

Menu **nrc**

## Voorzichtige opwinding onder fysici: deeltje gedraagt zich vreemd

**Deeltjesfysica** Het muon, het zware broertje van het elektron, gedraagt zich niet altijd als verwacht. Dat kan duiden op een barstje in het standaardmodel.

Margriet van der Heijden · 23 maart 2021 · Leestijd 3 minuten



## Cern experiment hints at new force of nature

- Guardian

### Experts reveal 'cautious excitement' over unstable particles that fail to decay as standard model suggests



de Volkskrant

NIEUWS

## Natuurkundigen van Cern vinden aanwijzing die ons begrip van de werkelijkheid op zijn kop kan zetten

Een gloednieuw deeltje, een nog onbekende natuurkracht... fysici bij onderzoeksinstituut Cern zien dat ons begrip van de werkelijkheid op z'n kop kan worden gezet, zo maken ze dinsdag bekend. 'Dit is vijf jaar onderzoek doe.'

**Zijn we een nieuwe natuurkracht aan het ontdekken?!**



TELEGRAAF.NL  
**Experts zijn nieuwe natuurkracht op het spoor: 'We trilden helemaal'**  
Na de vondst van het Higgs-deeltje, negen jaar geleden, klinken er nu opnieuw opgetogen ...

NEWS / LIFE

## CERN data on 'beauty quarks' behaviour may rewrite physics as we know it

24 MAR 2021

Beauty quarks or B mesons particles are not decaying as they should and while the findings may warrant "cautious excitement", more research needs to be done, scientists say.



FILE PHOTO: A view of the Large Hadron Collider at CERN, near Geneva, Switzerland. (CERN)



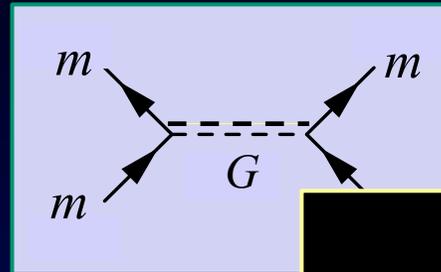
De tunnel van deeltjesversneller LHC bij Cern, Genève. In de blauwe buis zwiepen deeltjes met bijna de lichtsnelheid rond tot ze op elkaar knallen. Tussen de brokstukken van die botsing zoeken fysici naar aanwijzingen voor hoe de wereld op het kleinste niveau werkt. Beeld AP

# Vier(?) fundamentele natuurkrachten

Zwaartekracht:

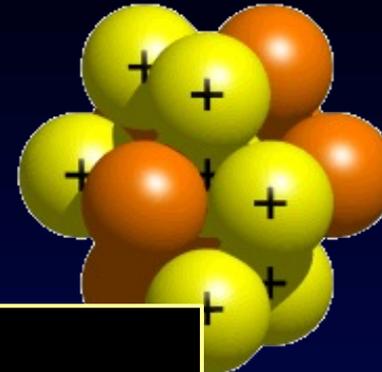


Quantum  
Graviton exchange?



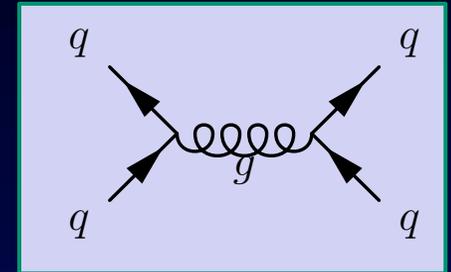
Werkt op alle deeltjes met massa

Sterke kernkracht:



alle quarks

Quantum  
gluon exchange:



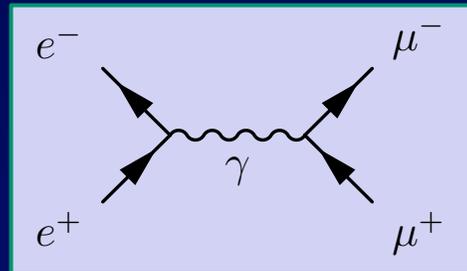
+ ????

Vijfde kracht?

Elektromagnetisme:



Quantum  
photon exchange



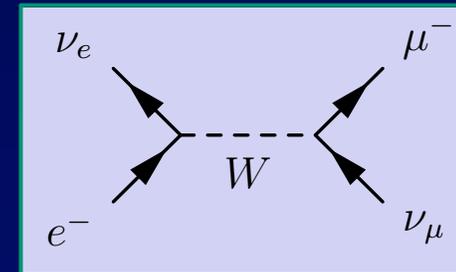
Werkt op alle elektrisch geladen deeltjes

Wakernkracht:

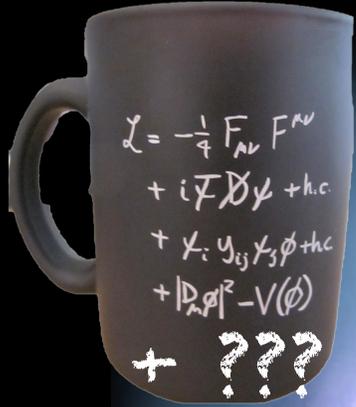


Werkt op alle deeltjes

Quantum  
W, Z exchange:



# Conclusie: Hoe is de antimaterie verdwenen in het universum?



Door een vijfde kracht in de Big Bang?!

**Quarks**

u up	c charm	t top
d down	s strange	b bottom

**Leptons**

$\nu_e$ electron neutrino	$\nu_\mu$ muon neutrino	$\nu_\tau$ tau neutrino
e electron	$\mu$ muon	$\tau$ tau

50.000001%

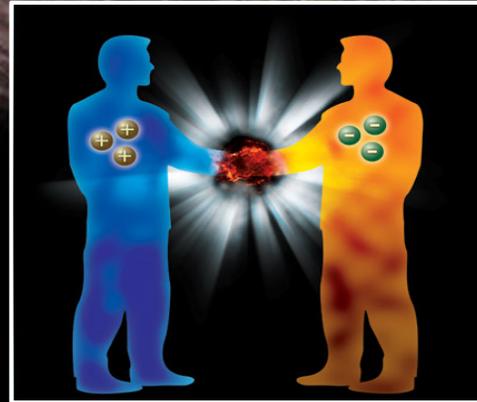
**Antiquarks**

$\bar{t}$ top	$\bar{c}$ charm	$\bar{u}$ up
$\bar{b}$ bottom	$\bar{s}$ strange	$\bar{d}$ down

**Antileptons**

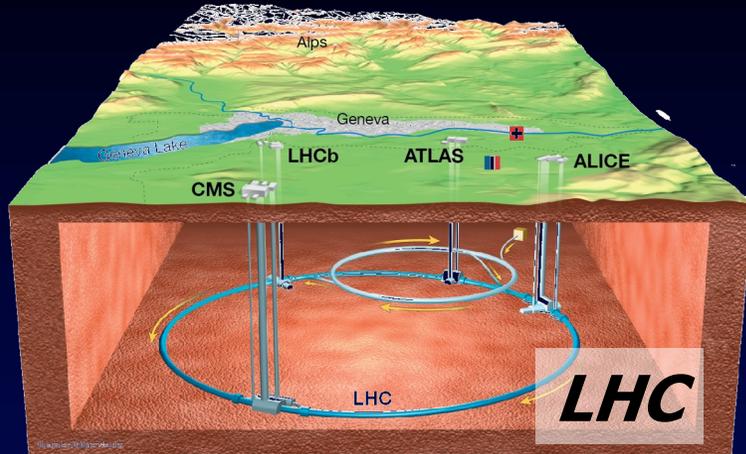
$\bar{\nu}_\tau$ tau neutrino	$\bar{\nu}_\mu$ muon neutrino	$\bar{\nu}_e$ electron neutrino
$\bar{\tau}$ tau	$\bar{\mu}$ muon	$\bar{e}$ electron

49.999999%

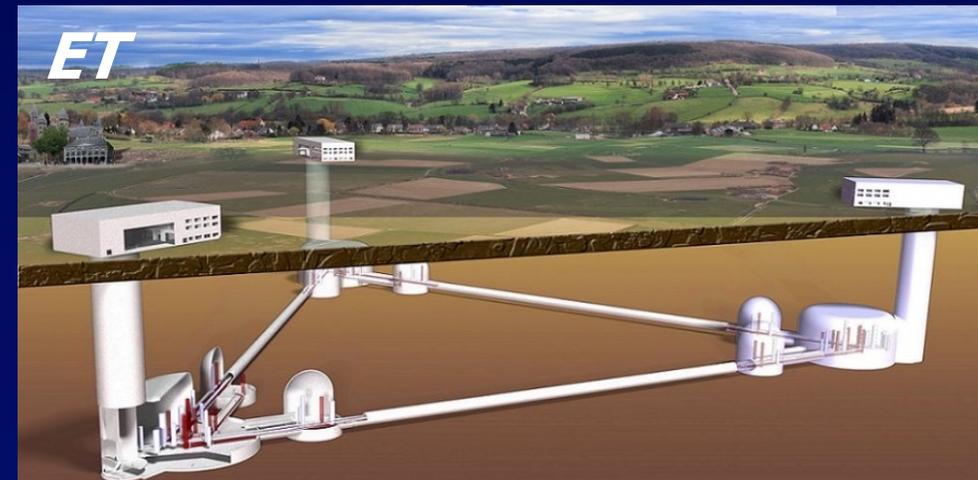
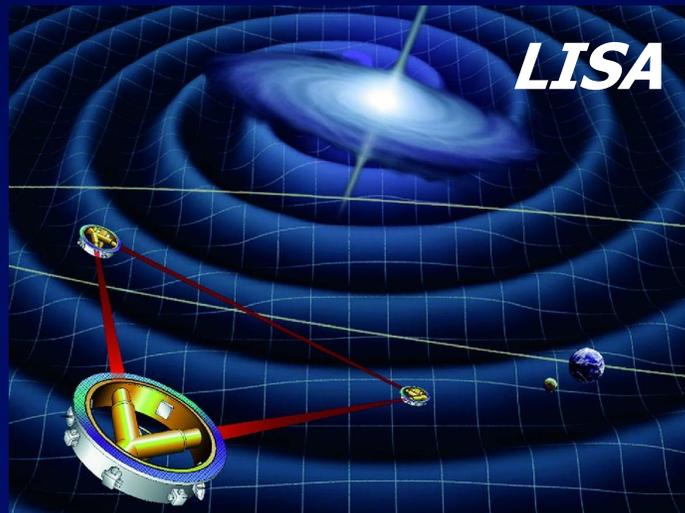


# Toekomst: "Cirkels en Driehoeken"

## Deeltjesversnellers: fysica van de Big Bang ...

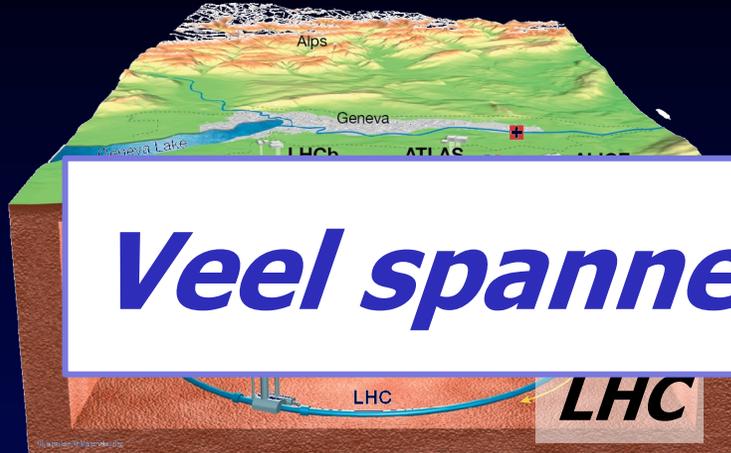


## Gravitatie-detectoren: luisteren naar de Big Bang...



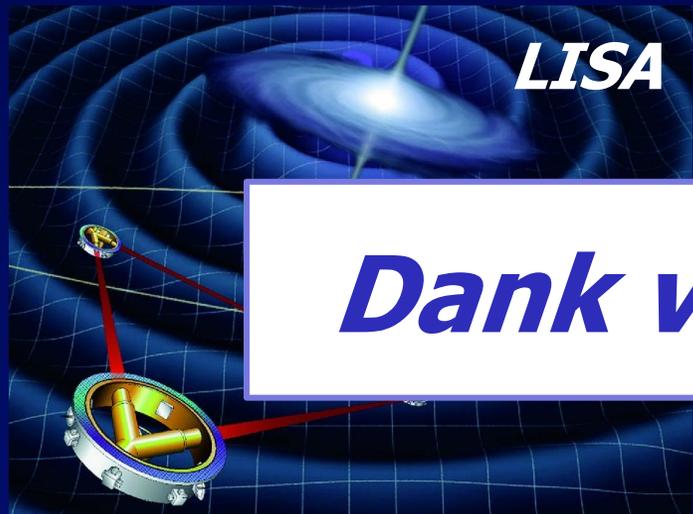
# Toekomst: "Cirkels en Driehoeken"

## Deeltjesversnellers: fysica van de Big Bang ...



***Veel spannend onderzoek onderweg***

## Gravitatie-detectoren: luisteren naar de Big Bang...

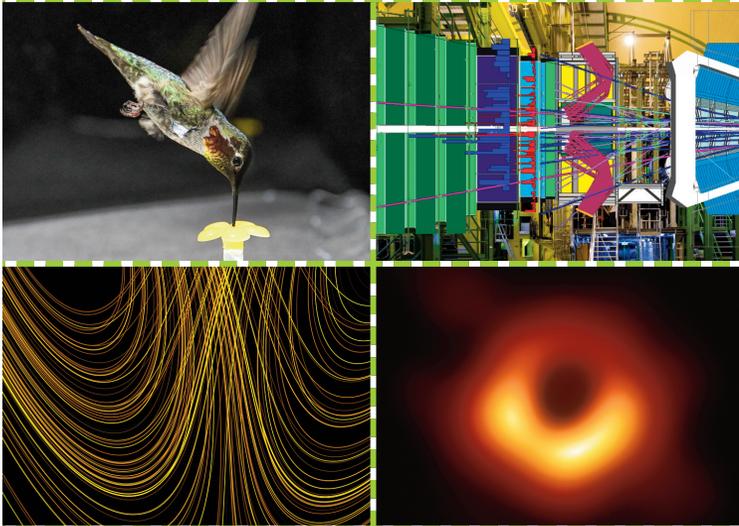


***Dank voor uw aandacht!***

VERSTEGEN & STIGTER CULTURELE PROJECTEN EN PARADISO PRESENTEREN

# DE VOOR- SPELLING

» MODELLEN VOOR DE WERELD  
VAN MORGEN



» PARADISOLEZINGEN 2022  
» 30 JANUARI T/M 19 JUNI  
» [WWW.VERSTEGENSTIGTER.NL](http://WWW.VERSTEGENSTIGTER.NL)

**Volgende lezing: 15 mei**

## DE VOORSPELLING – lezing 5

**Prof. dr. ir. David Lentink**

### DE KUNST VAN HET VLIEGEN

*Kolibries, vleermuizen en bromvliegen als  
bio-mechanische modellen voor drones en  
vliegtuigen*

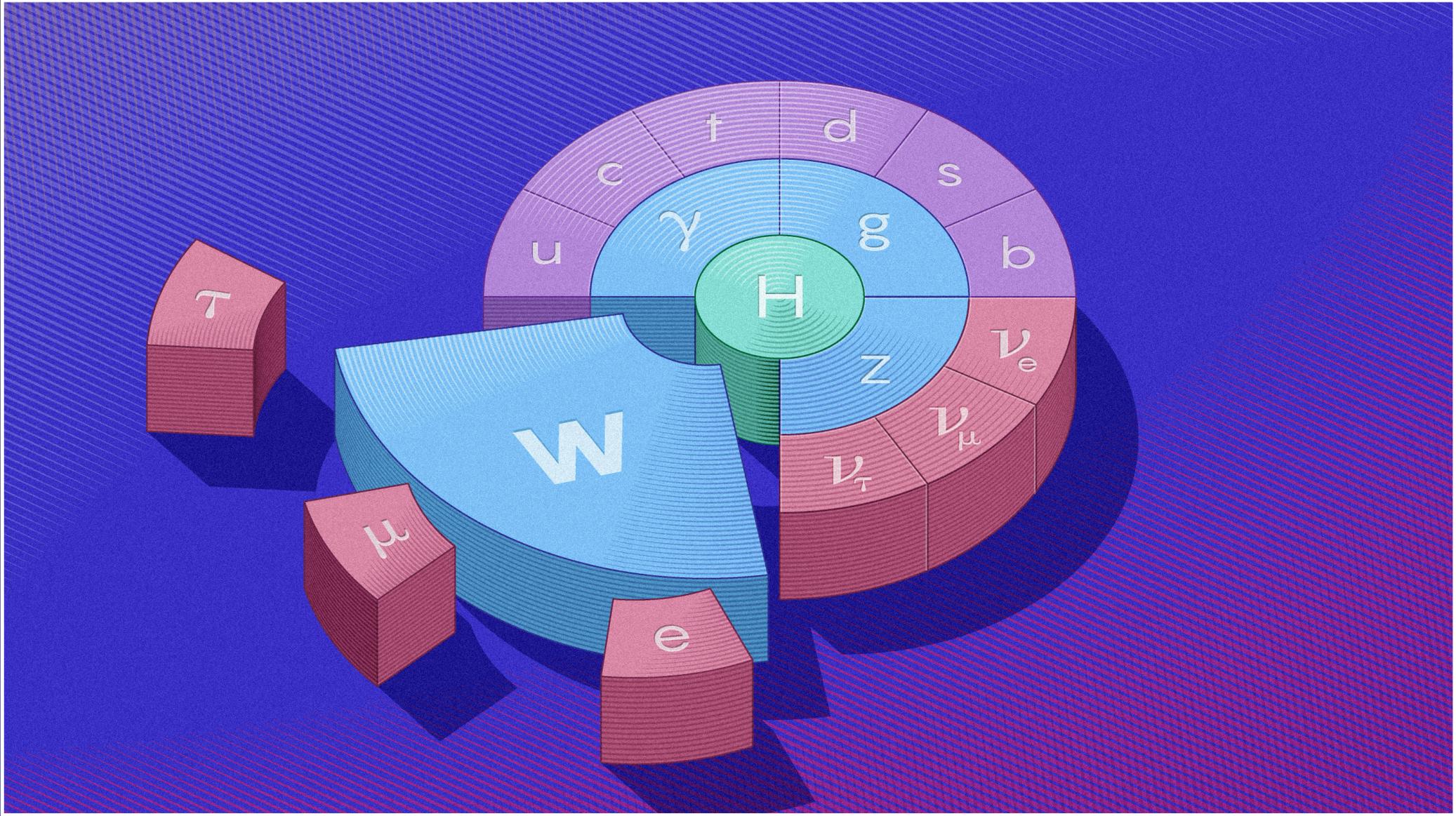
**Paradiso**



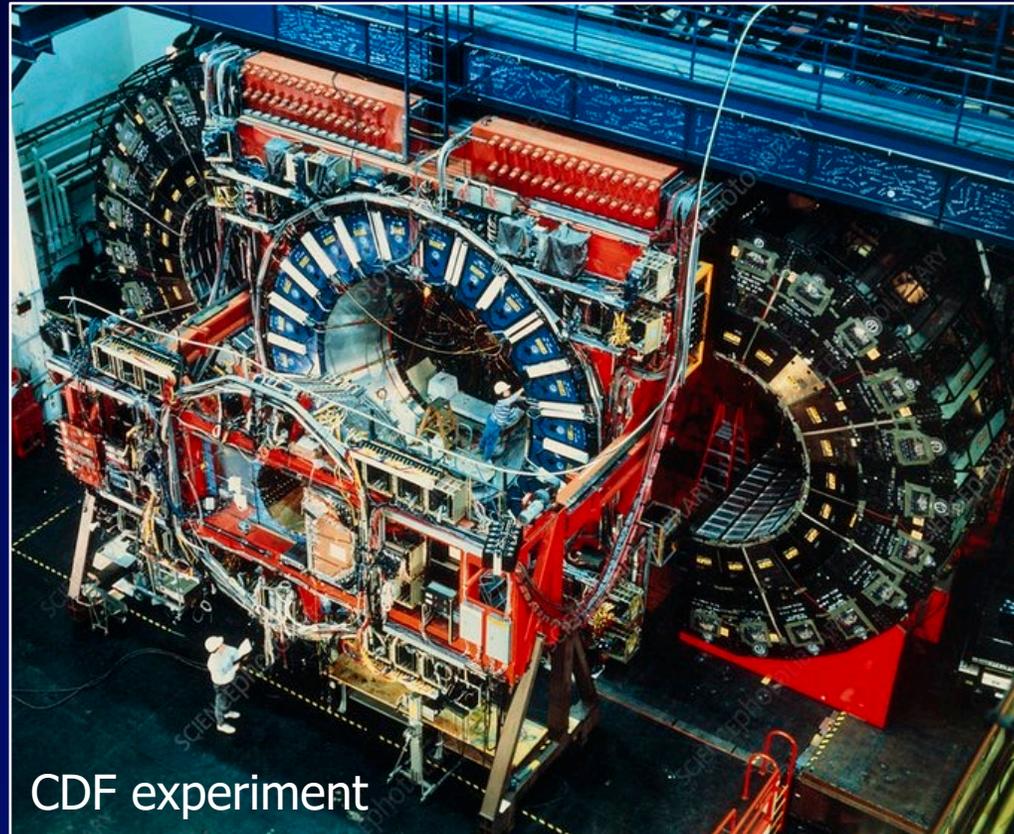
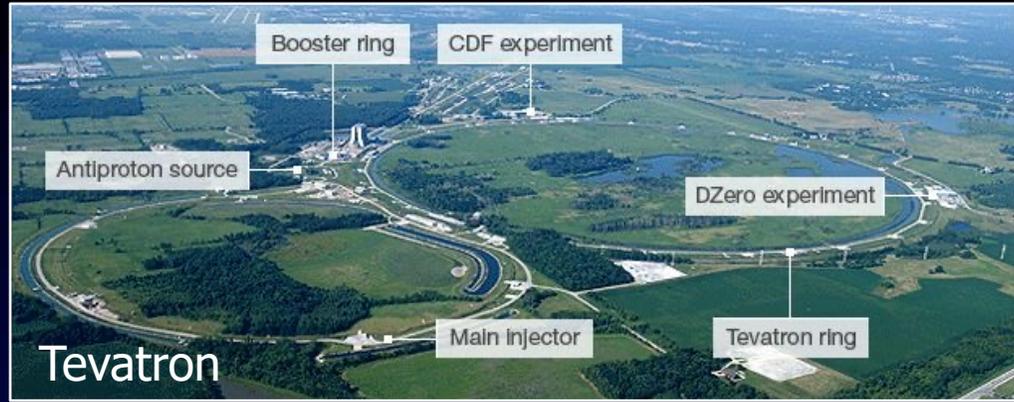
**vpro**

Verstegen & Stigter  
culturele projecten

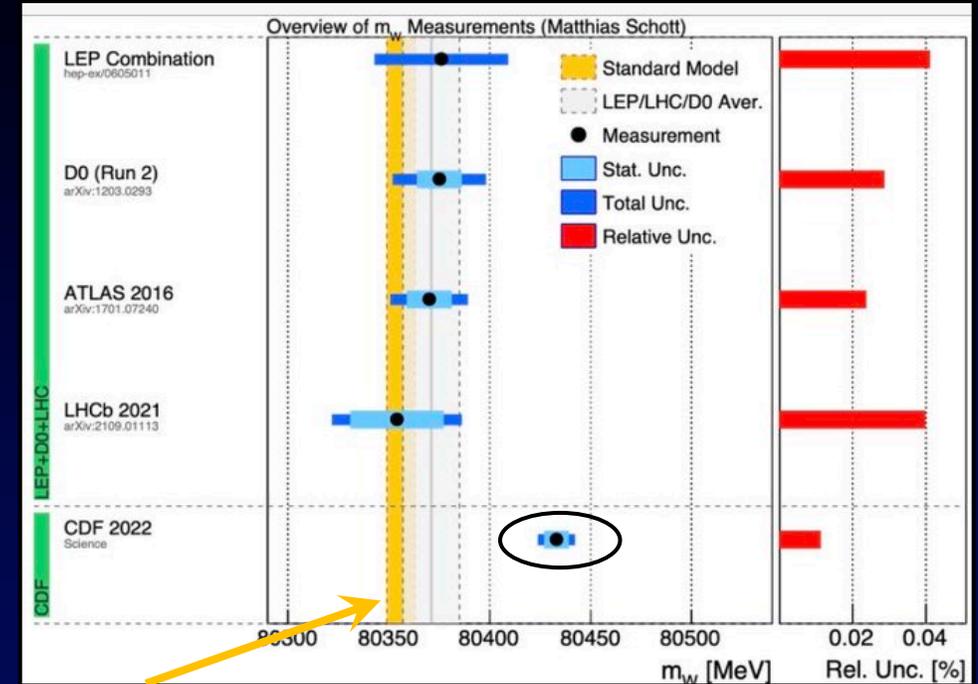
# De Fermilab W-boson anomalie (April 7 2022)



# De Fermilab W-boson anomalie (April 7 2022)

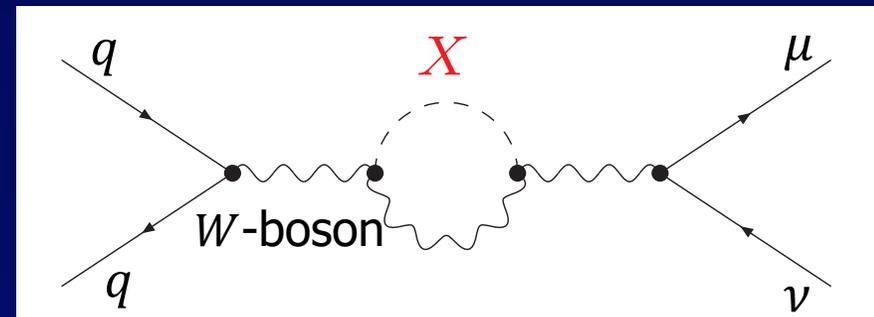


## Meting van de massa van het W-boson

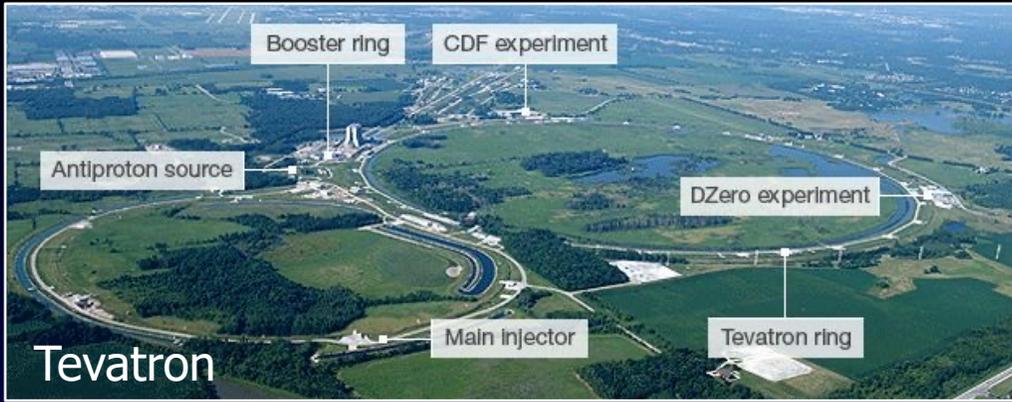


## Voorspelling van het Standaardmodel

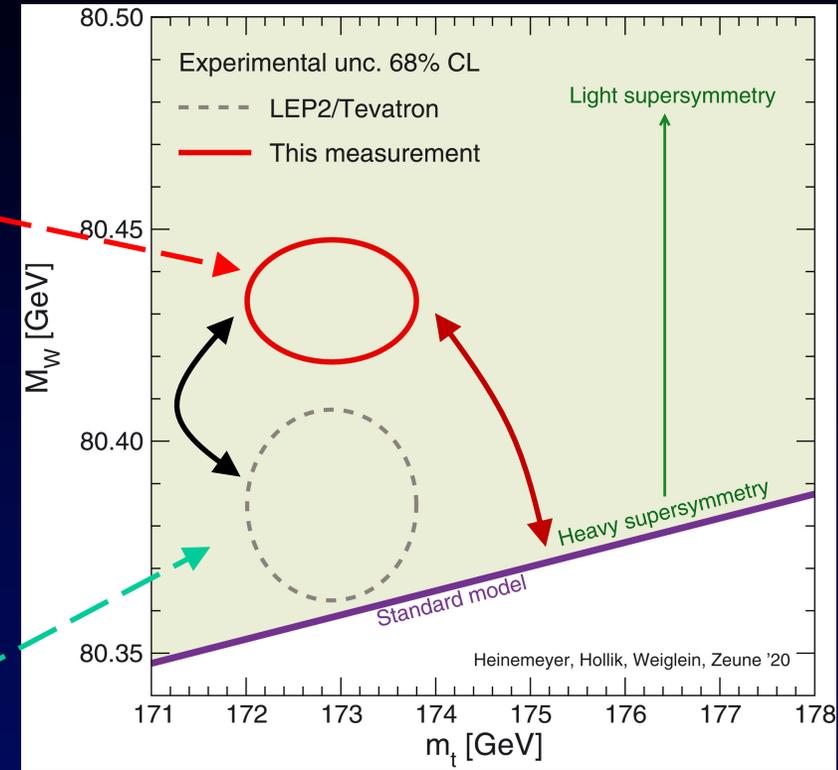
Nieuwe deeltjes "X" in quantum lus proces:



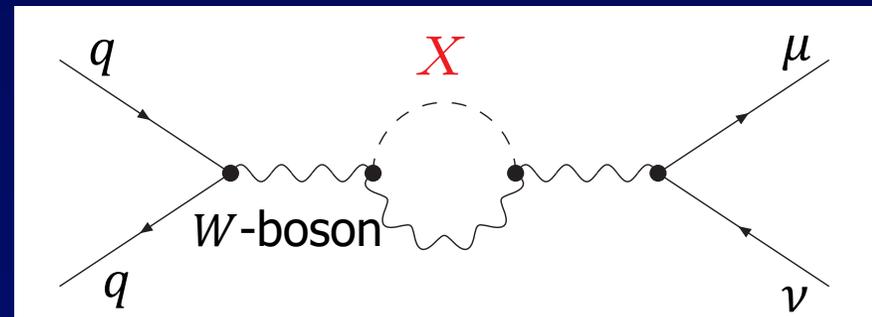
# De Fermilab W-boson anomalie (April 7 2022)



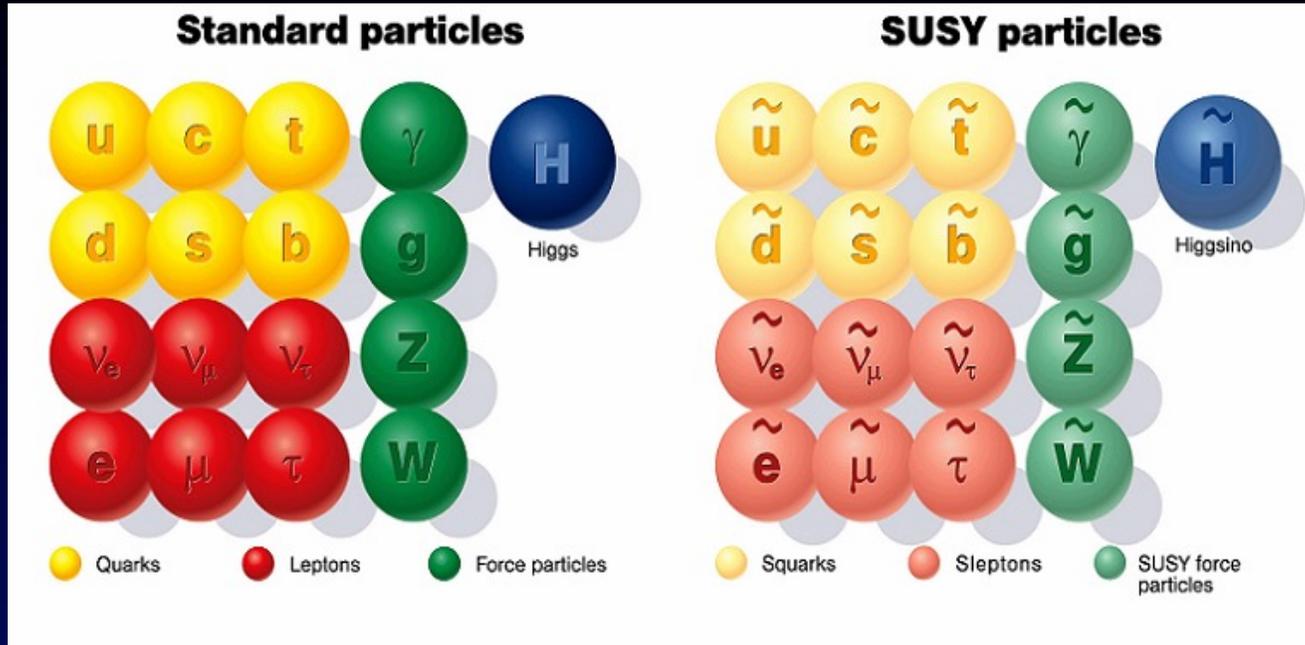
Meting van de massa van het  $W$ -boson



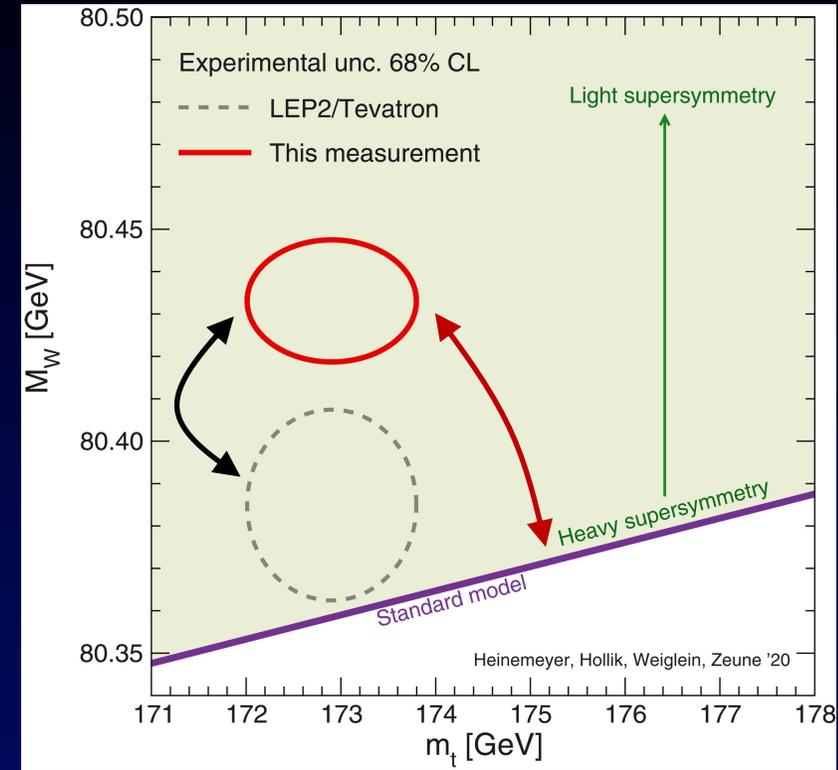
Nieuwe deeltjes "X" in quantum lus proces:



# De Fermilab W-boson anomalie (April 7 2022)



## Meting van de massa van het W-boson

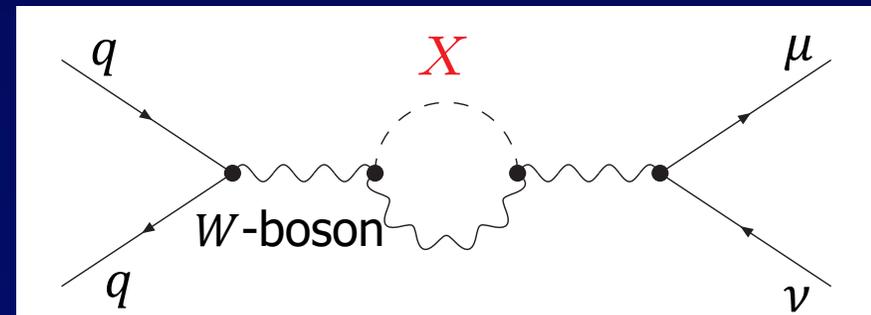


### X: Supersymmetrie deeltjes?:

Voor elk gewoon deeltje bestaat er een supersymmetrisch spiegelbeeld deeltje.

Dit kan de Higgs massa en krachten unificatie verklaren

### Nieuwe deeltjes "X" in quantum lus proces:



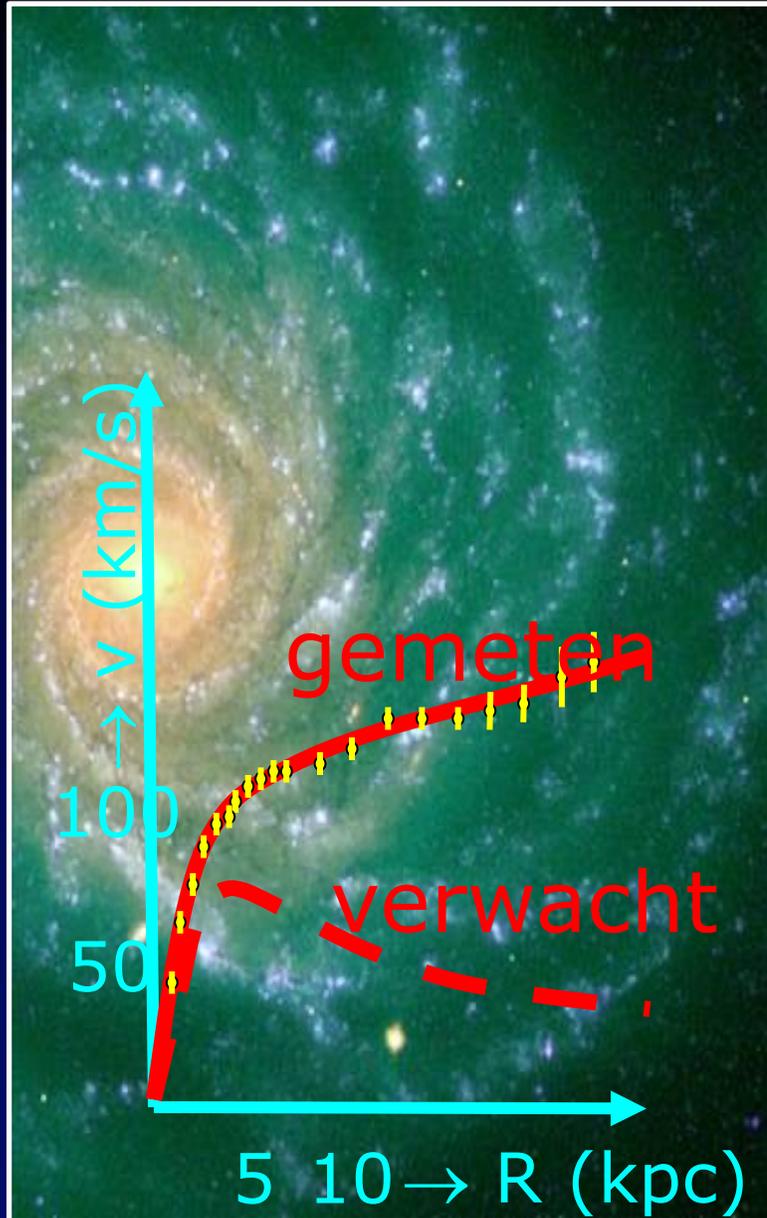
# Donkere Materie



# Zichtbare "baryonische" materie



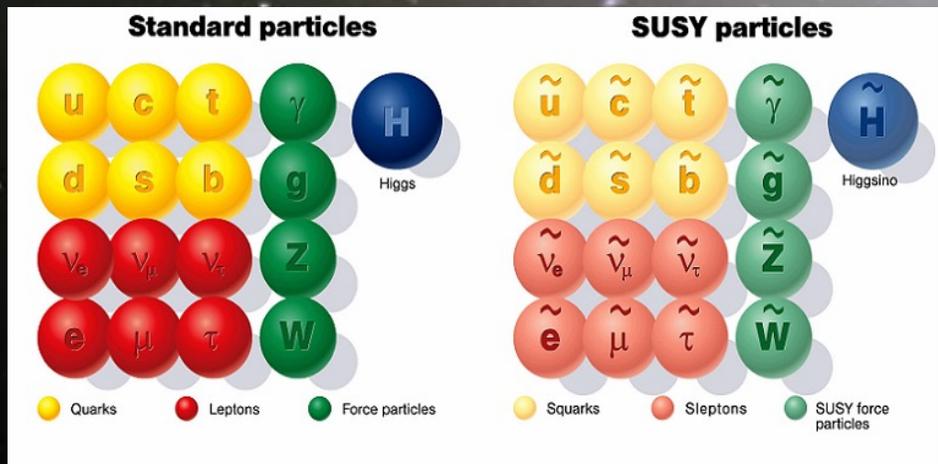
# Spiraalarm rotatie en gravitationele lenzen



# Donkere Materie

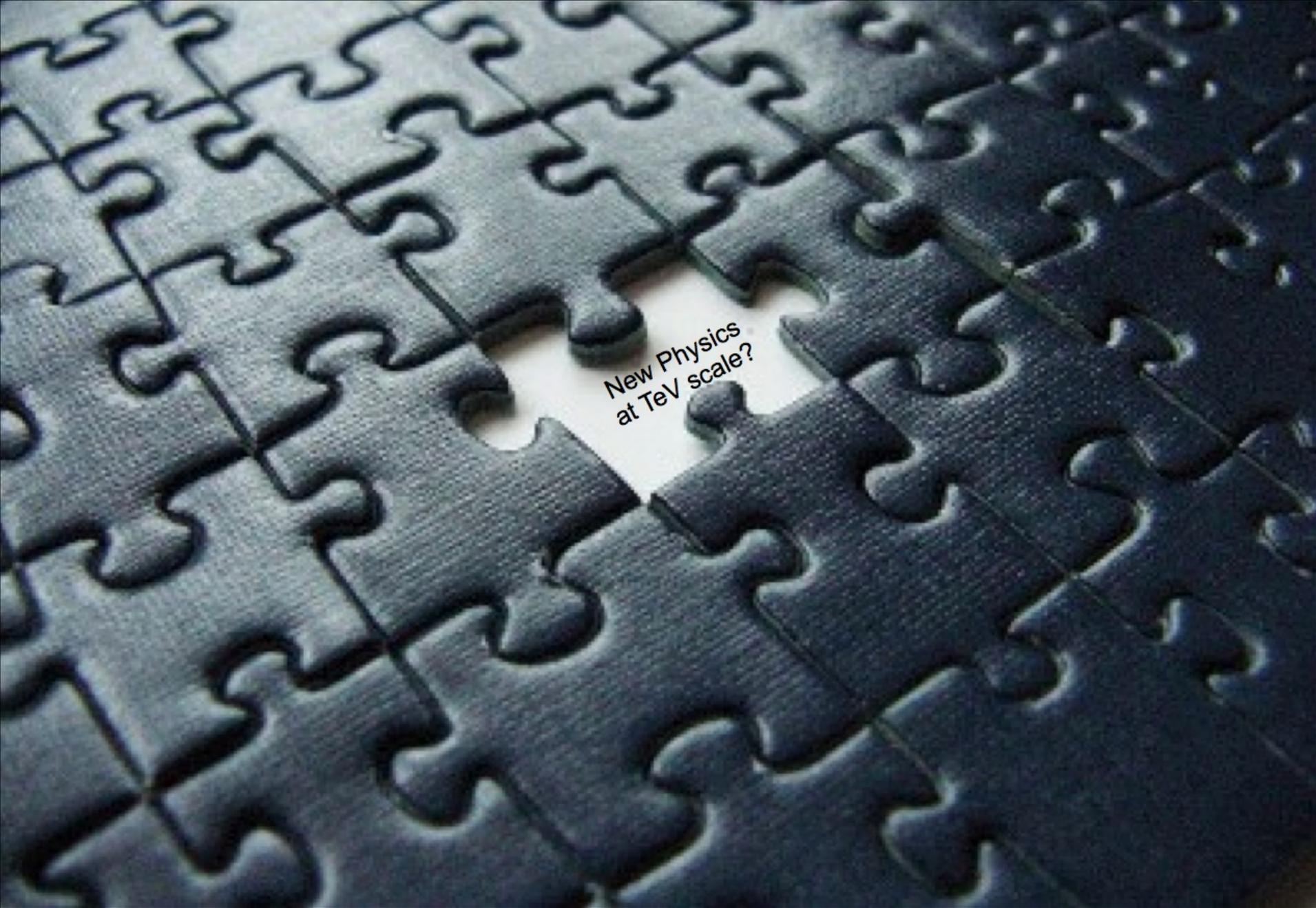
He H

donkere energie & donkere materie





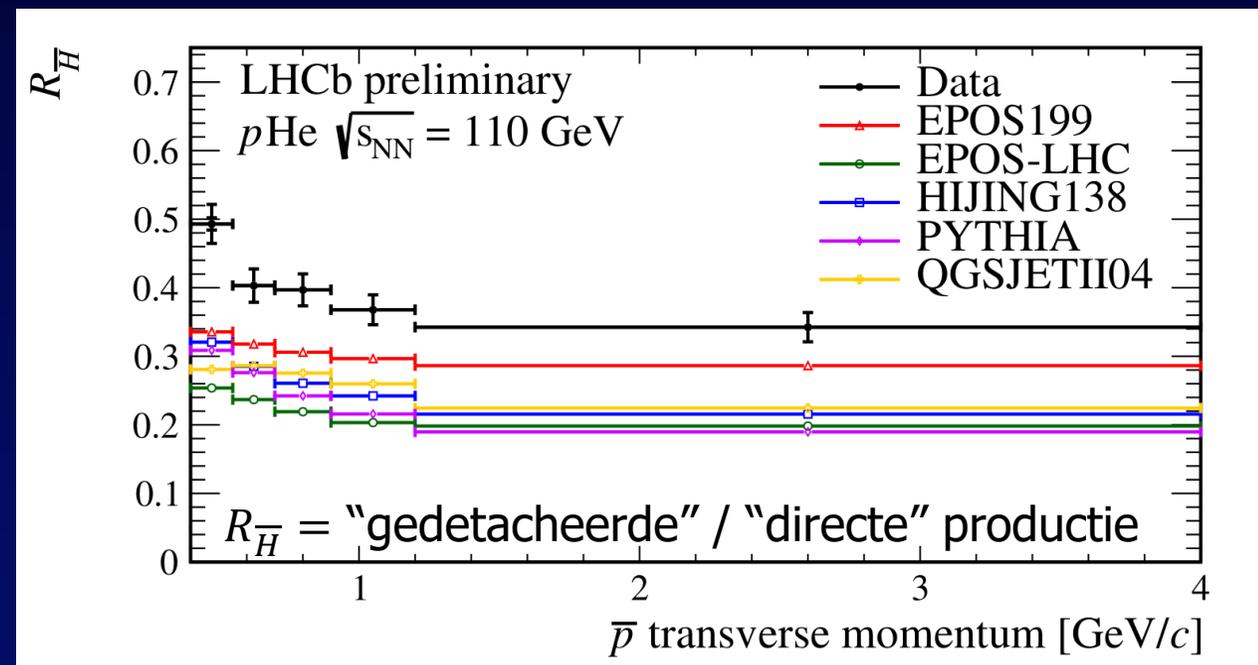
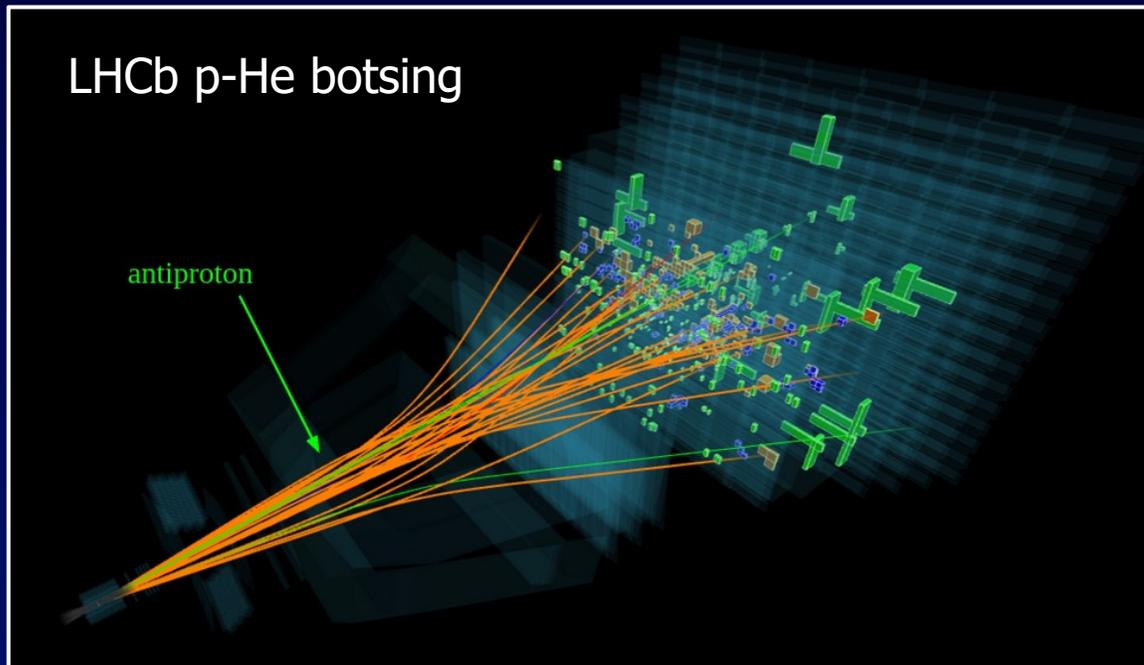
“The Dark Side rules the Universe”



New Physics  
at TeV scale?

# Antiproton productie (7 April, 2022)

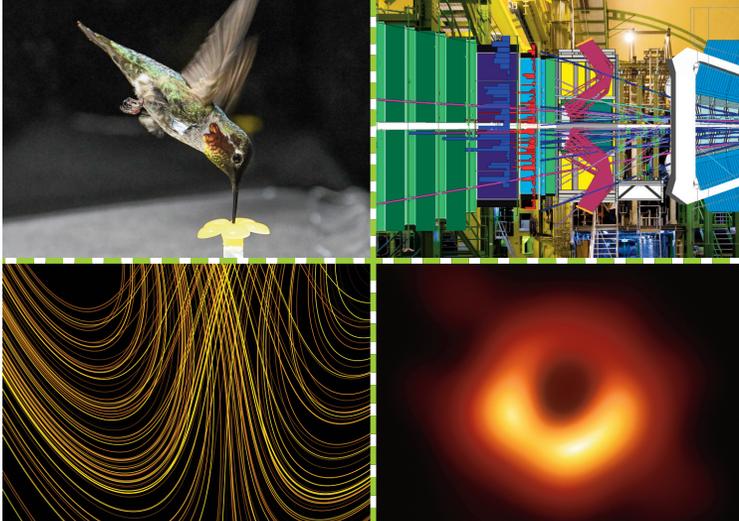
- AMS en Pamela experimenten meten antimaterie in de ruimte
- Antimaterie wordt ook gemaakt bij botsingen van protonen met gewone materie deeltjes (bv He)
  - De "gewone" antiproton ( $\bar{H}$ ) productie is gemeten bij LHCb



VERSTEGEN & STIGTER CULTURELE PROJECTEN EN PARADISO PRESENTEREN

# DE VOOR- SPELLING

» MODELLEN VOOR DE WERELD  
VAN MORGEN



» PARADISOLEZINGEN 2022  
» 30 JANUARI T/M 19 JUNI  
» [WWW.VERSTEGENSTIGTER.NL](http://WWW.VERSTEGENSTIGTER.NL)

**Volgende lezing: 15 mei**

## DE VOORSPELLING – lezing 5

**Prof. dr. ir. David Lentink**

### DE KUNST VAN HET VLIEGEN

*Kolibries, vleermuizen en bromvliegen als  
bio-mechanische modellen voor drones en  
vliegtuigen*

**Paradiso**



**vpro**

Verstegen & Stigter  
culturele projecten