

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

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?

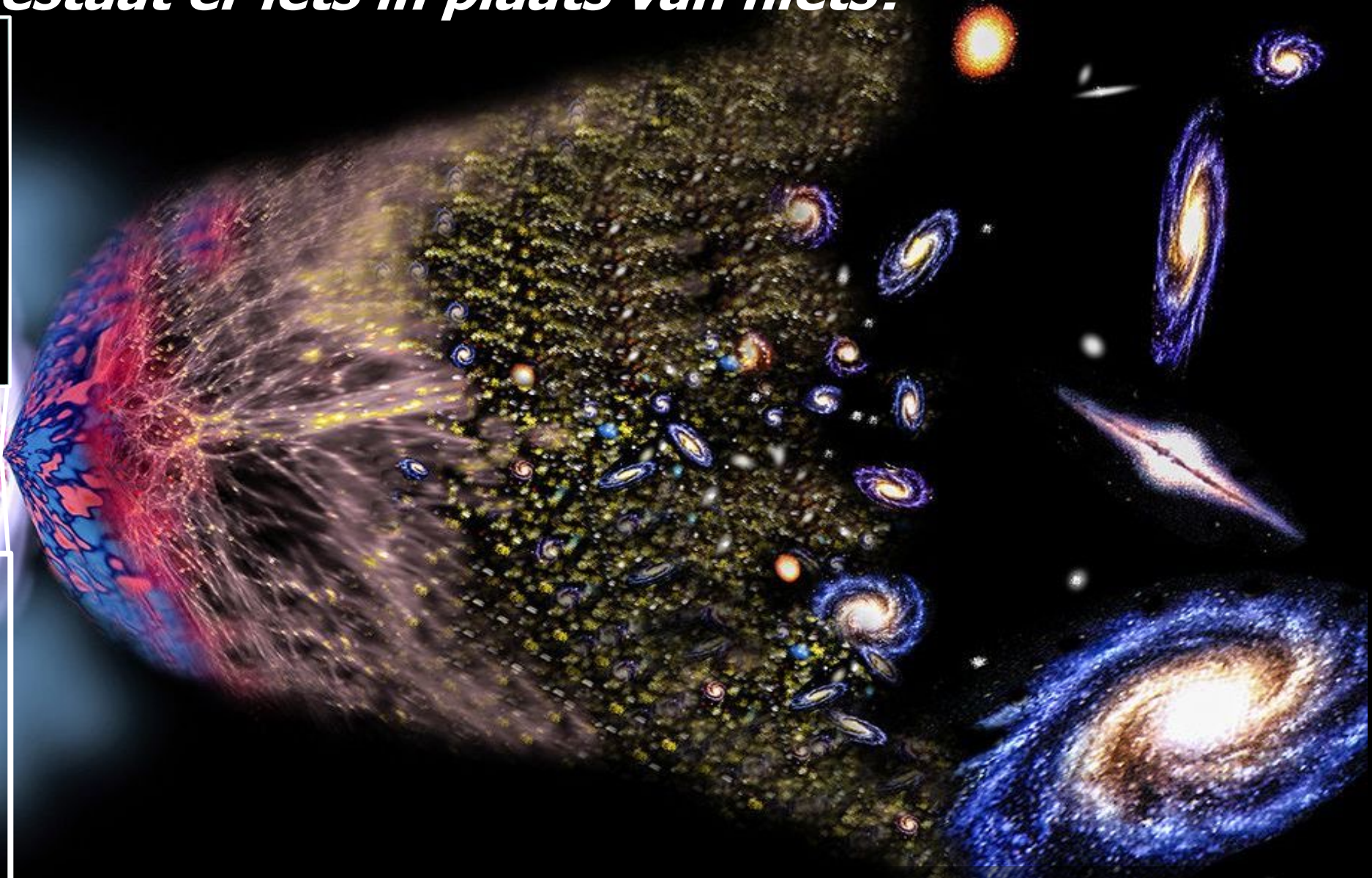
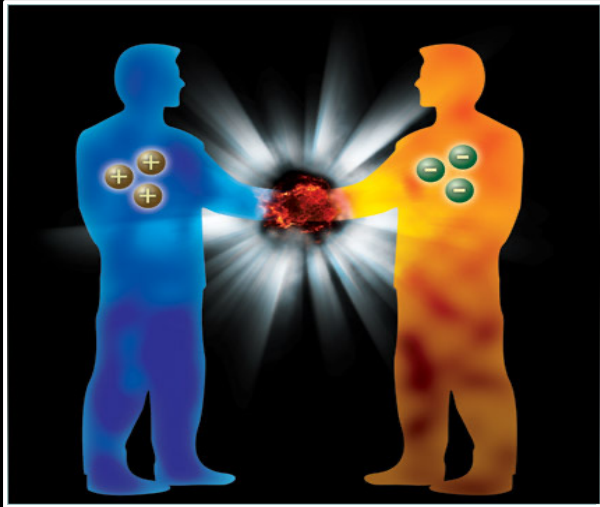
Marcel Merk, Paradiso, 10-4-2021

Nikhef



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

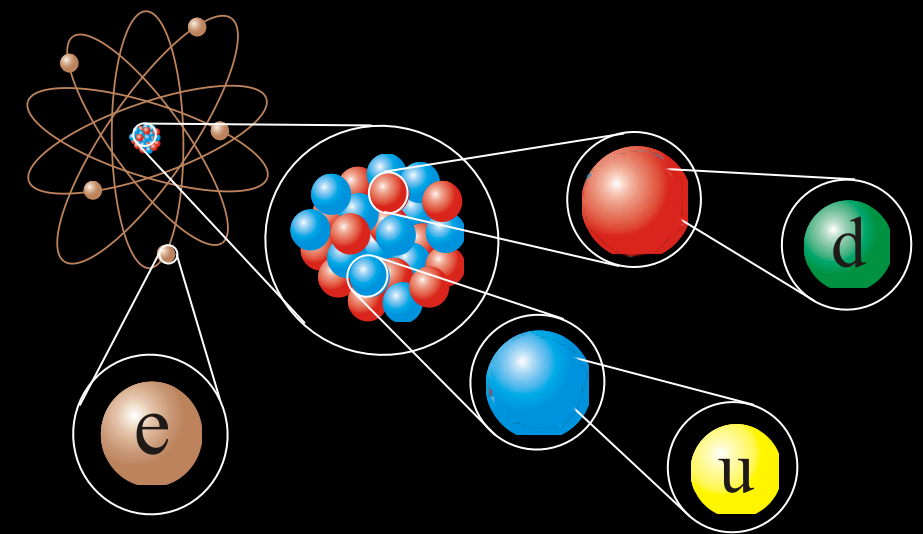
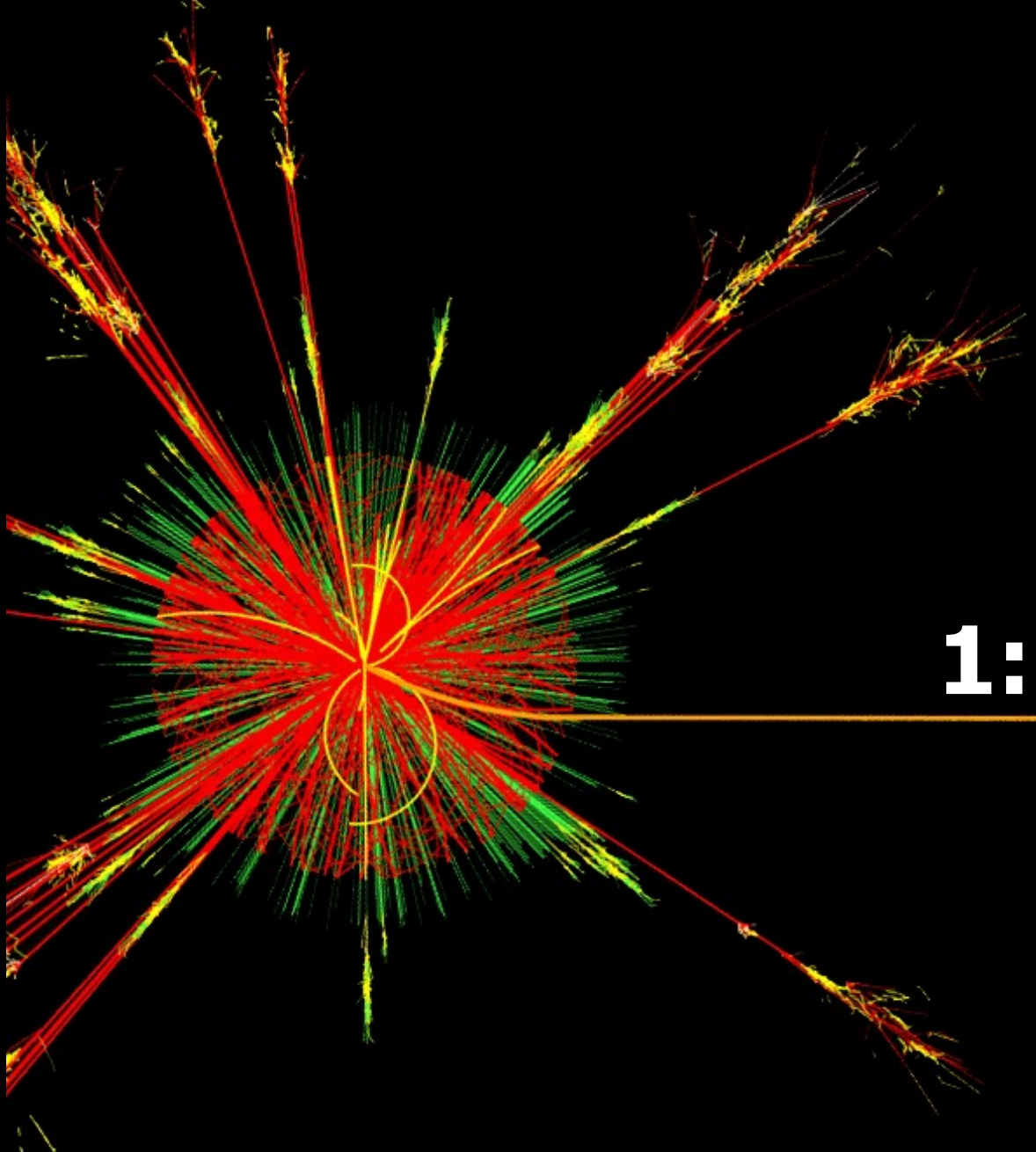
Waarom bestaat er iets in plaats van niets?



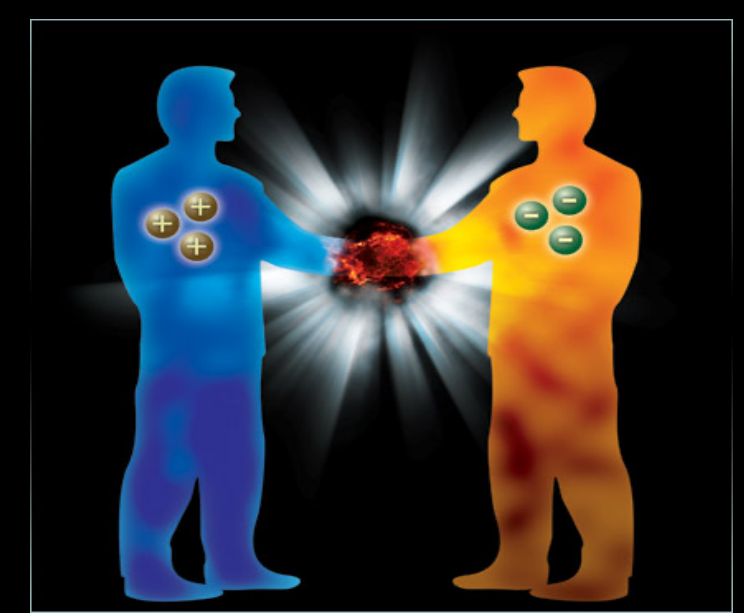
Fermionen: spin=1/2 deeltjes

Quarks			H	Krachten	
1	2	3		Z	γ
u	c	t	H	W	g
d	s	b			
Leptonen					
ν_e	ν_μ	ν_τ			
e	μ	τ			

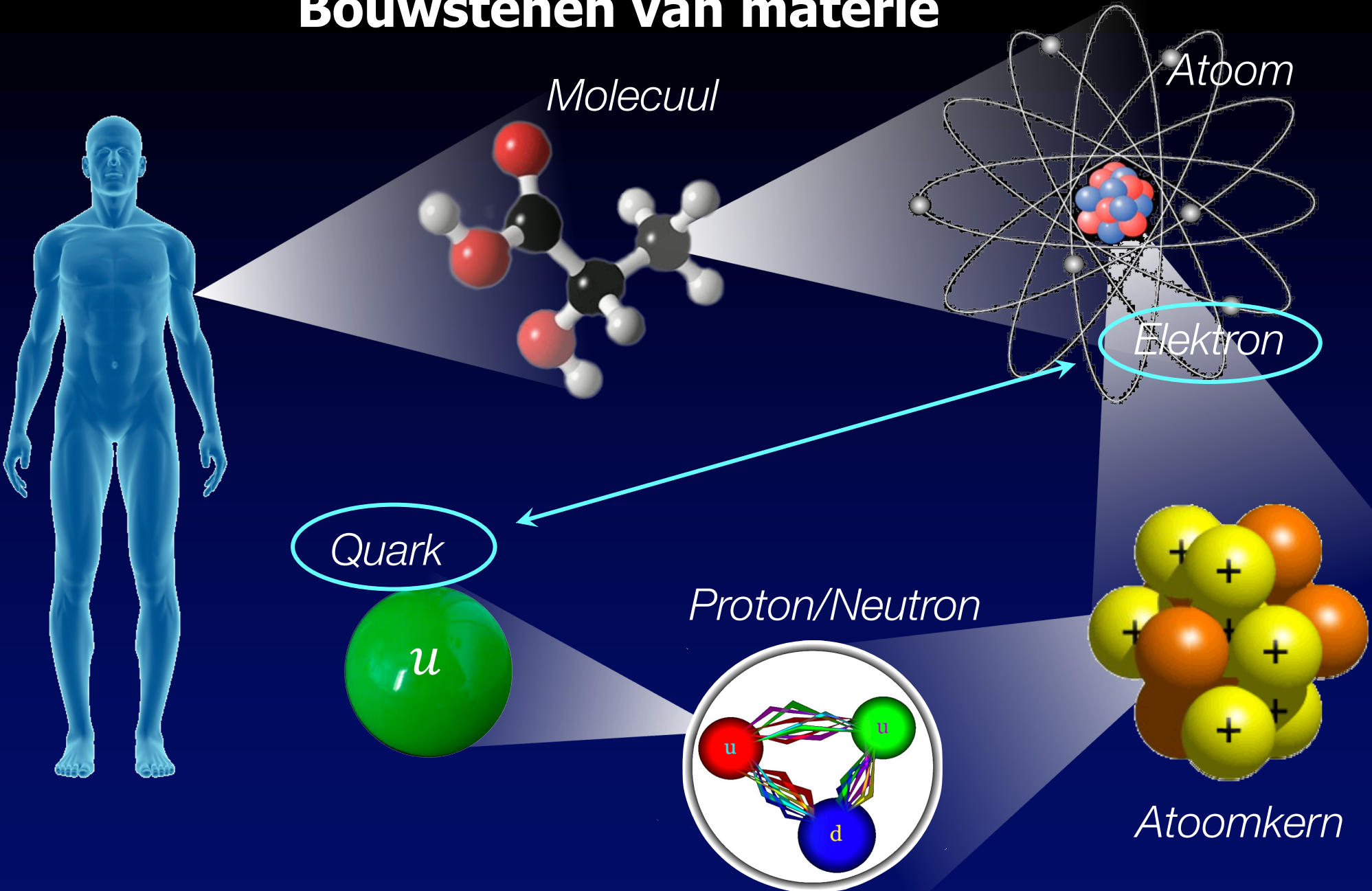
Flavor puzzle: waarom bestaan er drie generaties identieke deeltjes?



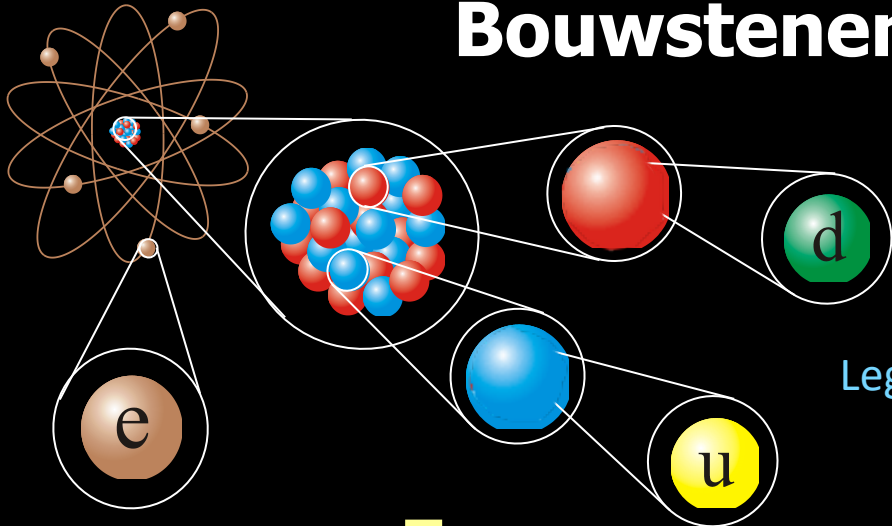
1: Materie en Antimaterie



Bouwstenen van materie



Bouwstenen van materie

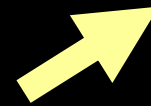


Lego blokken van de natuur



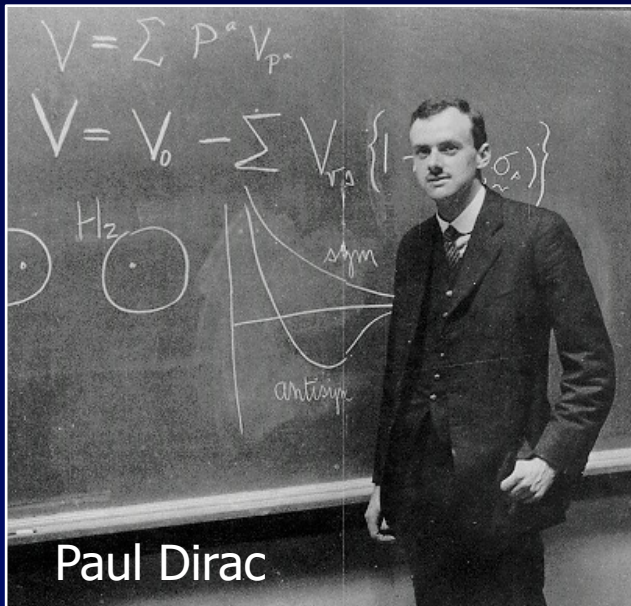
periodiek systeem

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



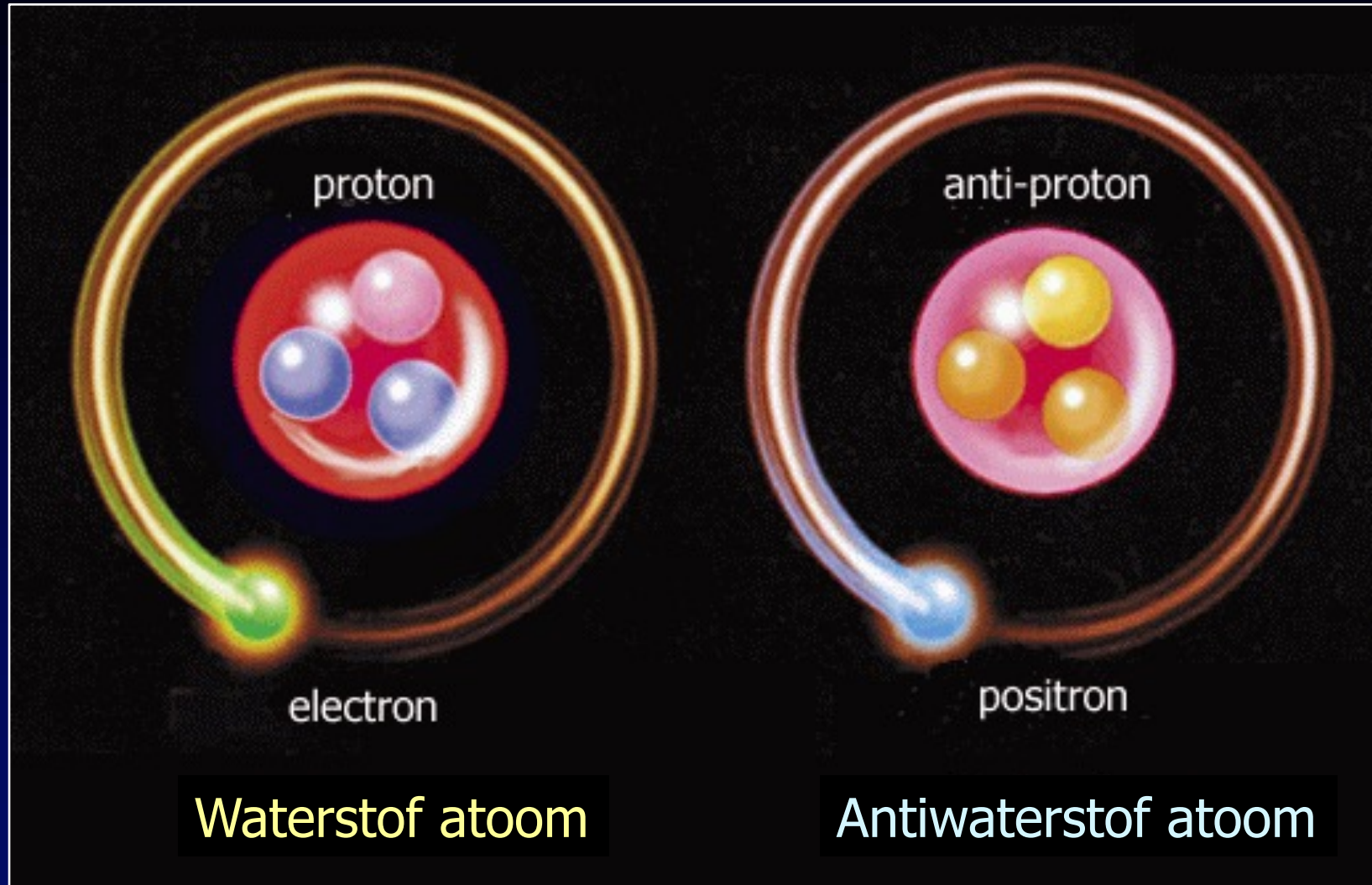
Carl Anderson



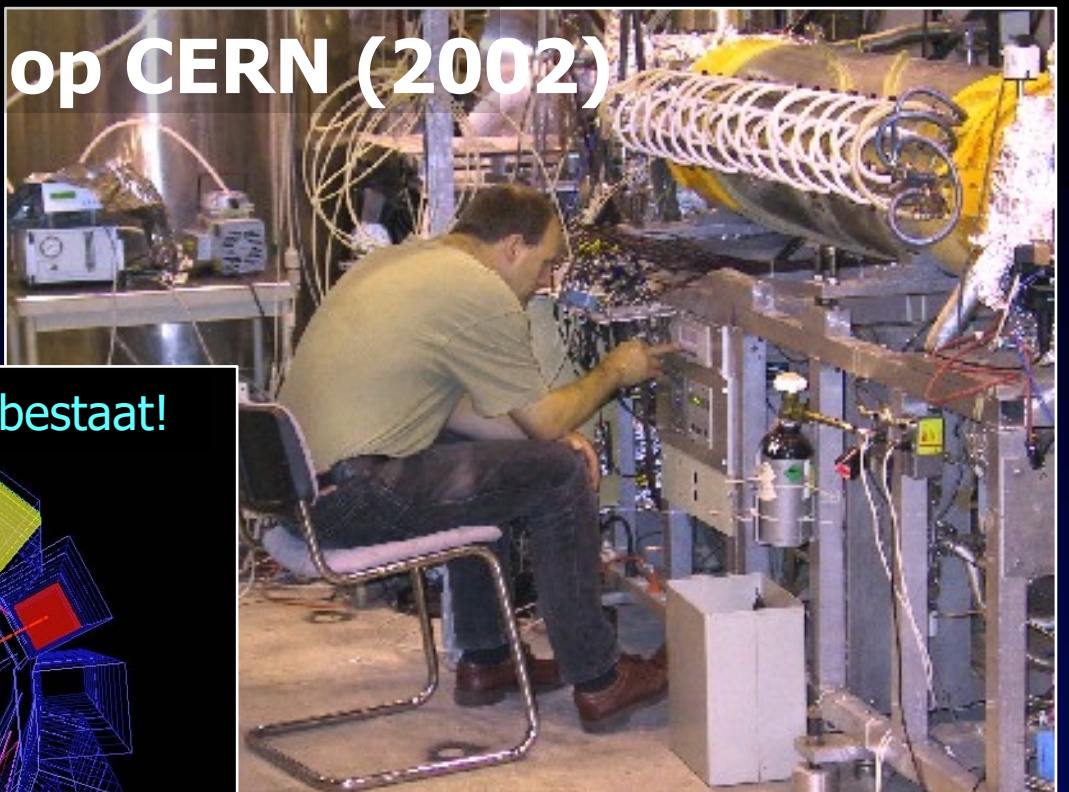
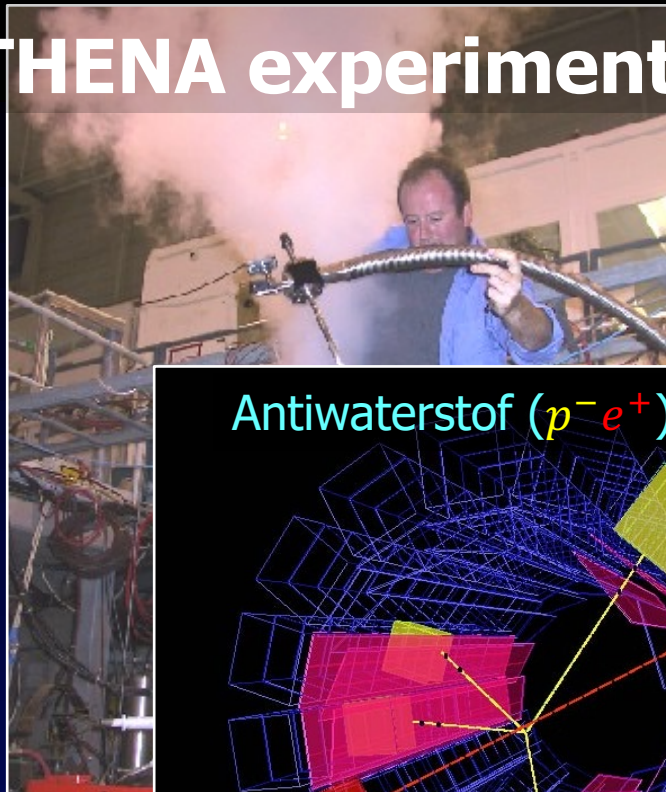
Dirac

AntiDirac

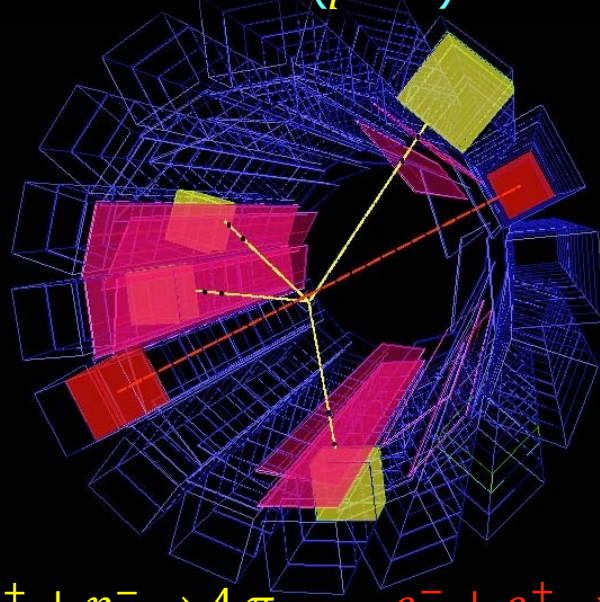
Antimaterie



Het ATHENA experiment op CERN (2002)



Antiwaterstof (p^-e^+) bestaat!



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

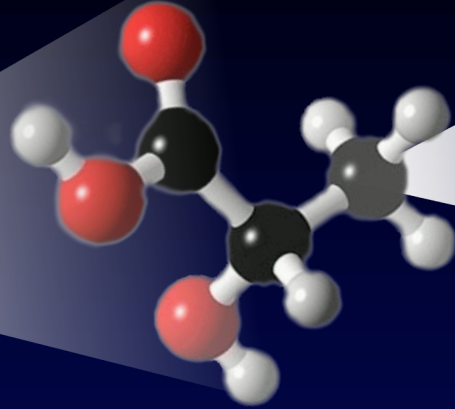
$$e^- + e^+ \rightarrow \gamma\gamma$$



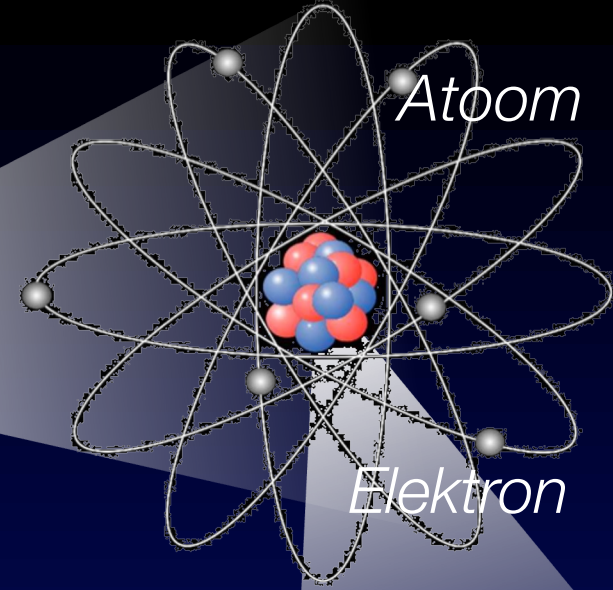
Een wereld van materie en ...



Molecuul

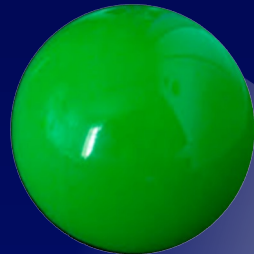


Atoom

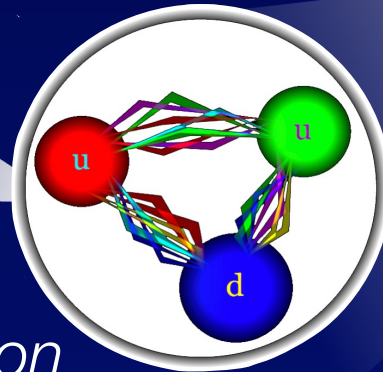


Elektron

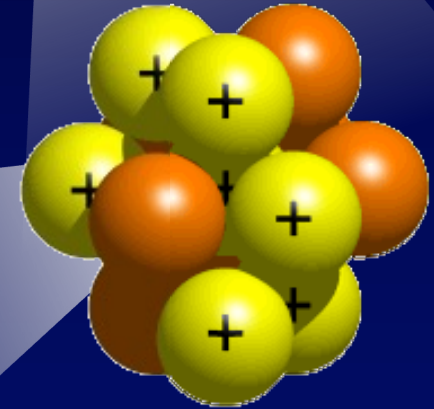
Quark



Proton/Neutron



Proton/Neutron



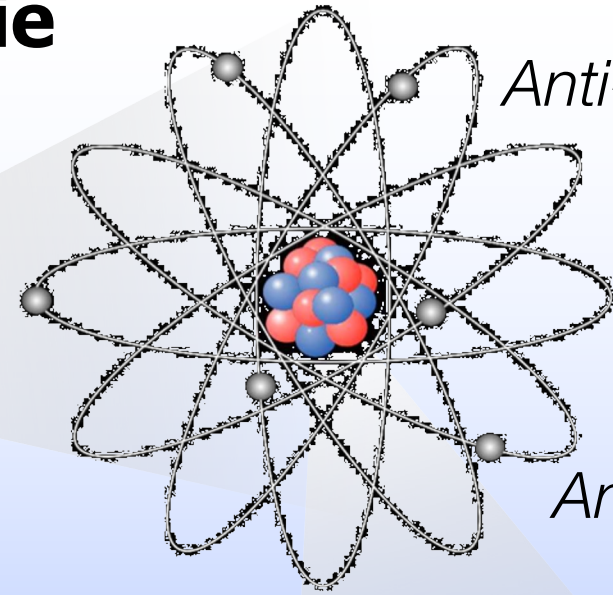
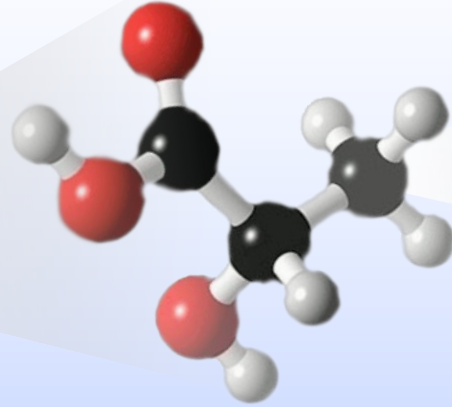
Atoom kern

... een wereld van antimaterie



**Identieke
anti-wereld**

Anti-Molecuul



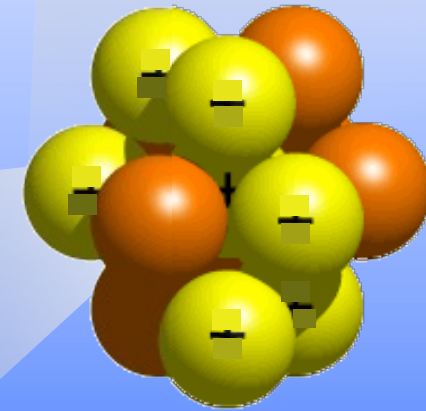
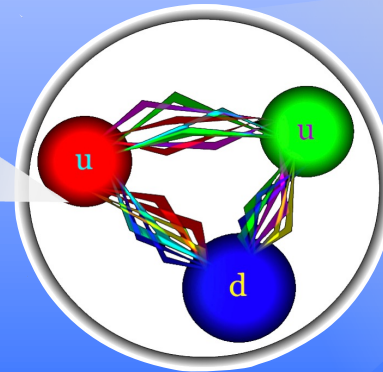
Anti-Atoom

Anti-elektron

Anti-Quark

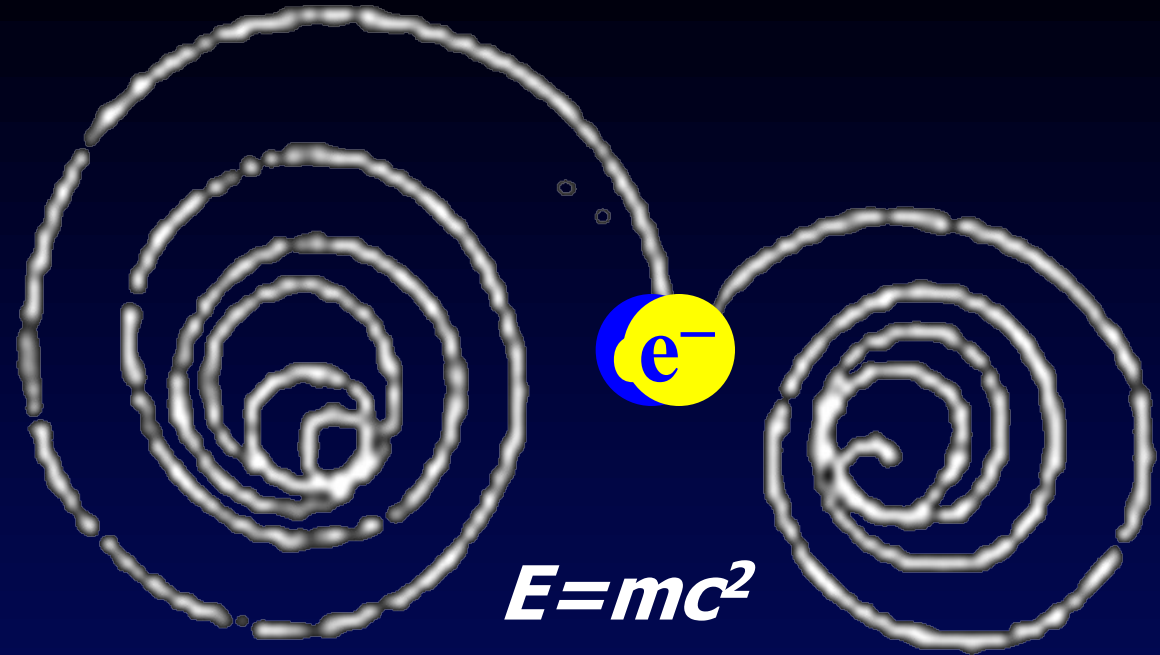
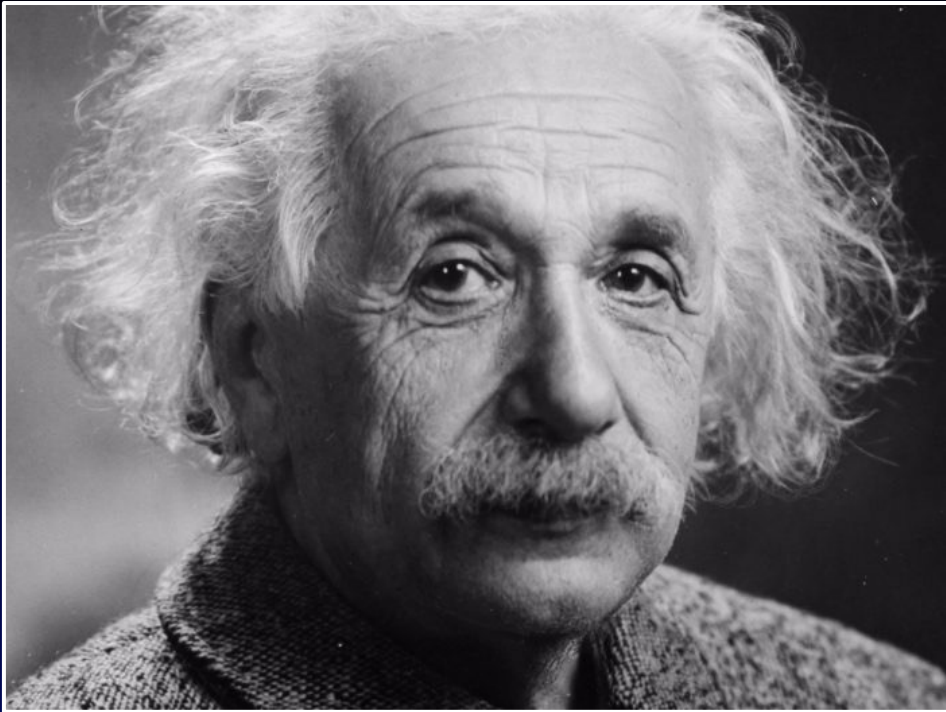


*Anti-Proton /
anti-Neutron*



Anti-atoomkern

Albert Einstein: Energie = materie + antimaterie



Creatie:

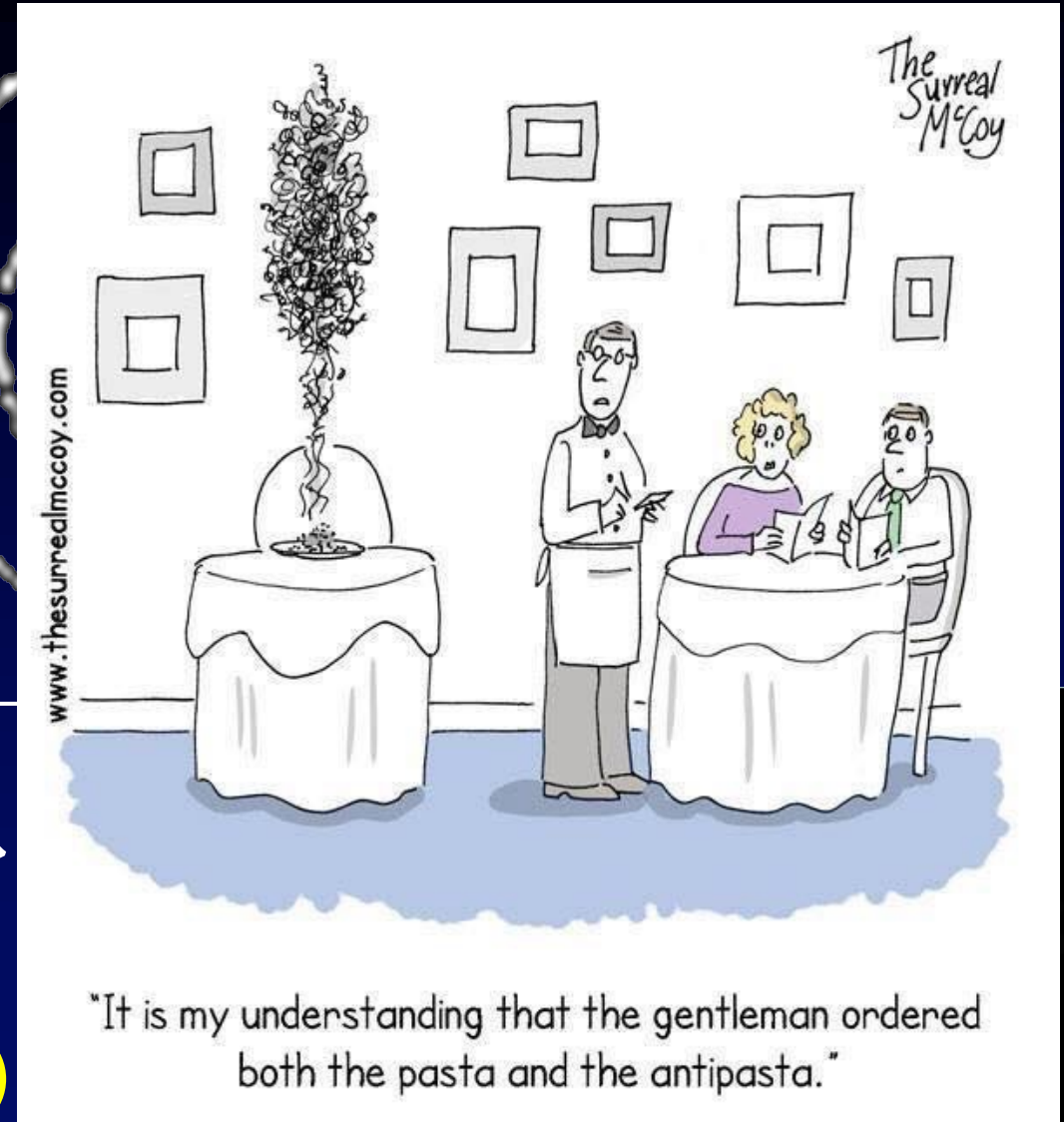
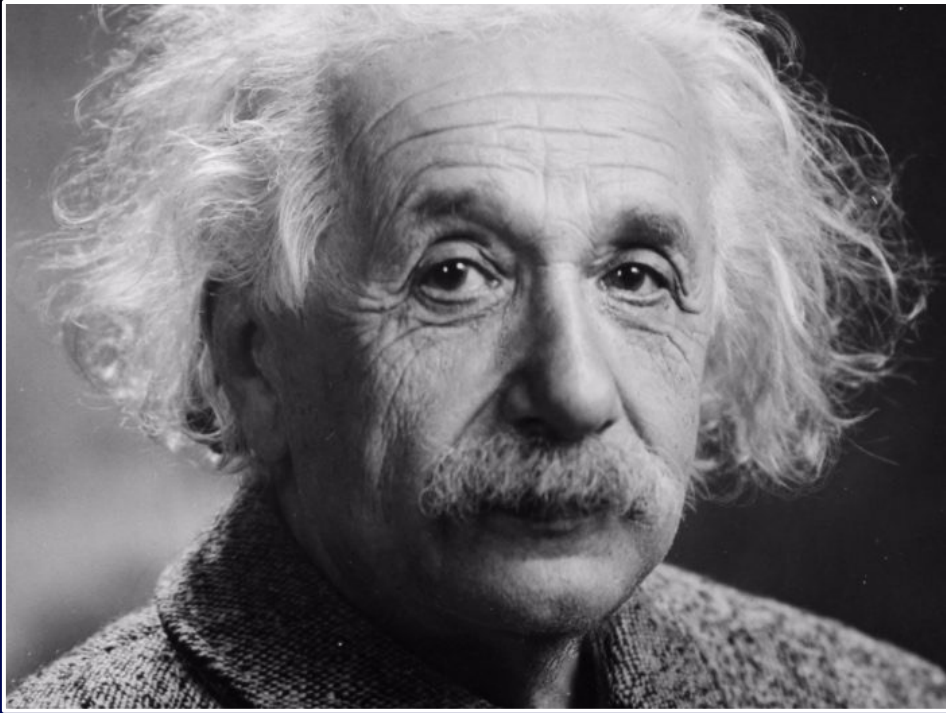
Energie → materie + antimaterie :  →  

Annihilatie:


materie + antimaterie → energie :   →  



Albert Einstein: Energie = materie + antimaterie



Creatie:

Energie \rightarrow materie + antimaterie :  \rightarrow

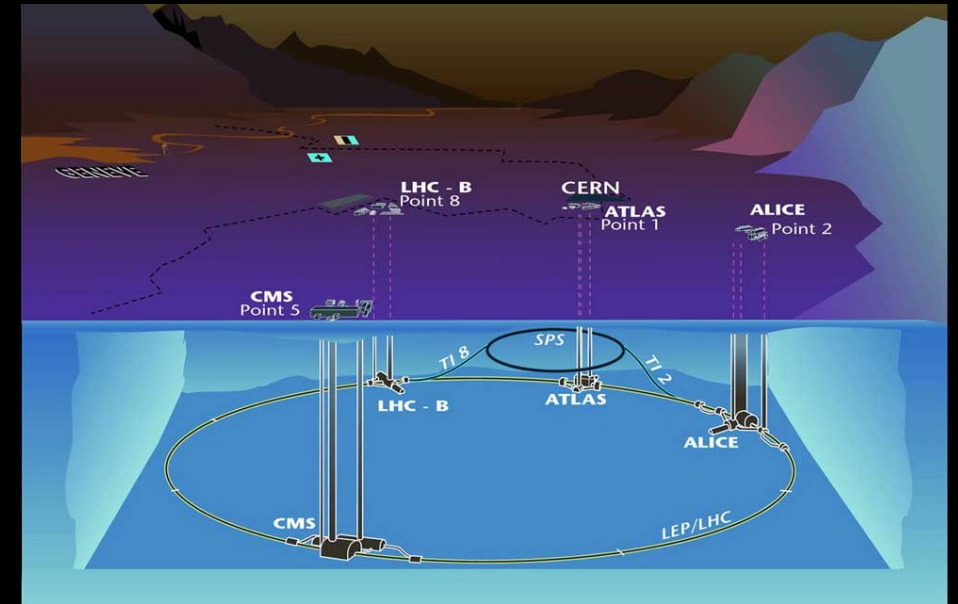
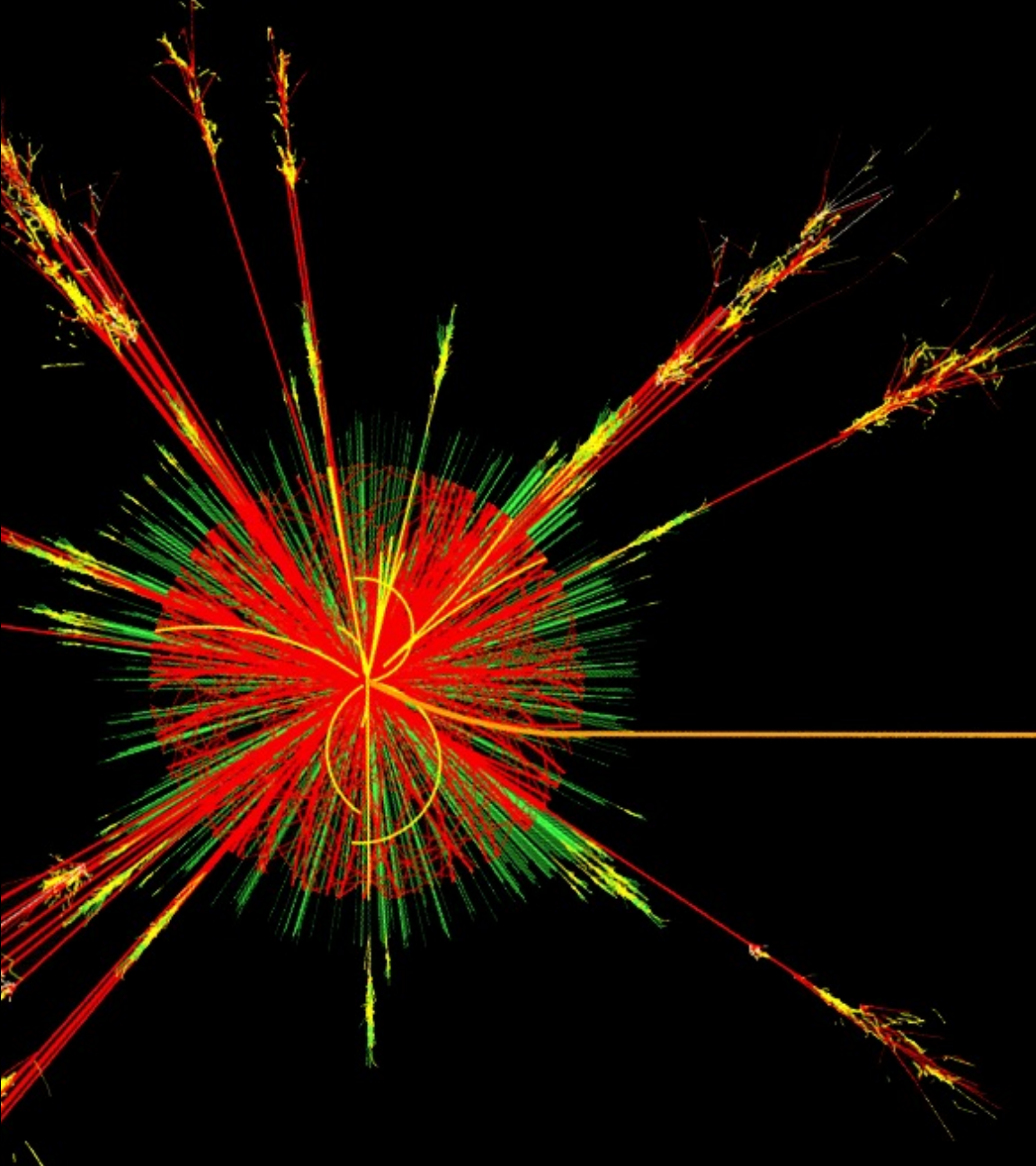
Anihilatie:

materie + antimaterie \rightarrow energie :  

Vroege Universum: waar is de antimaterie heen?



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



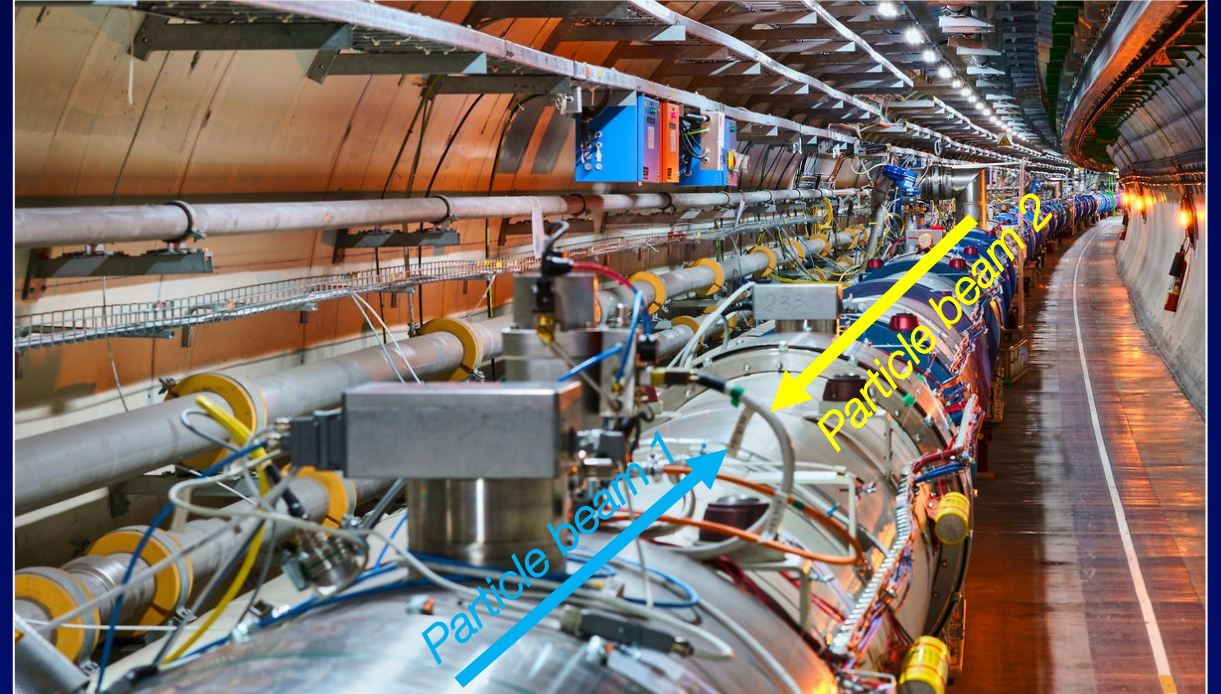
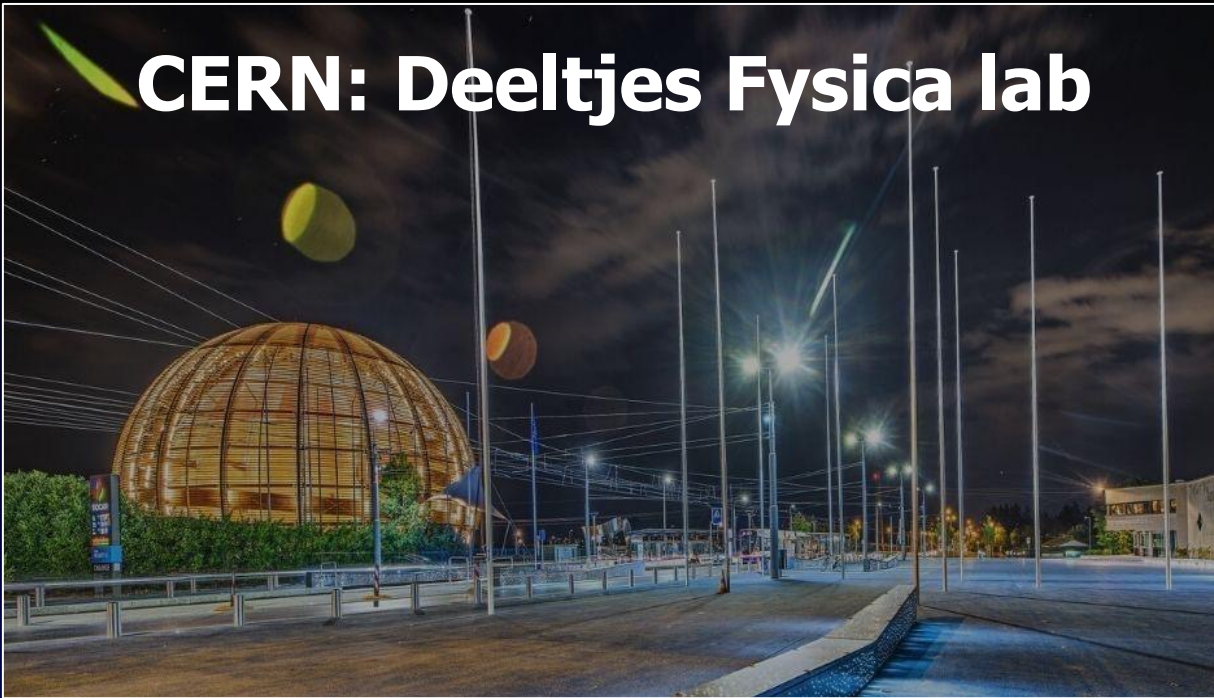
2: Deeltjes & CERN



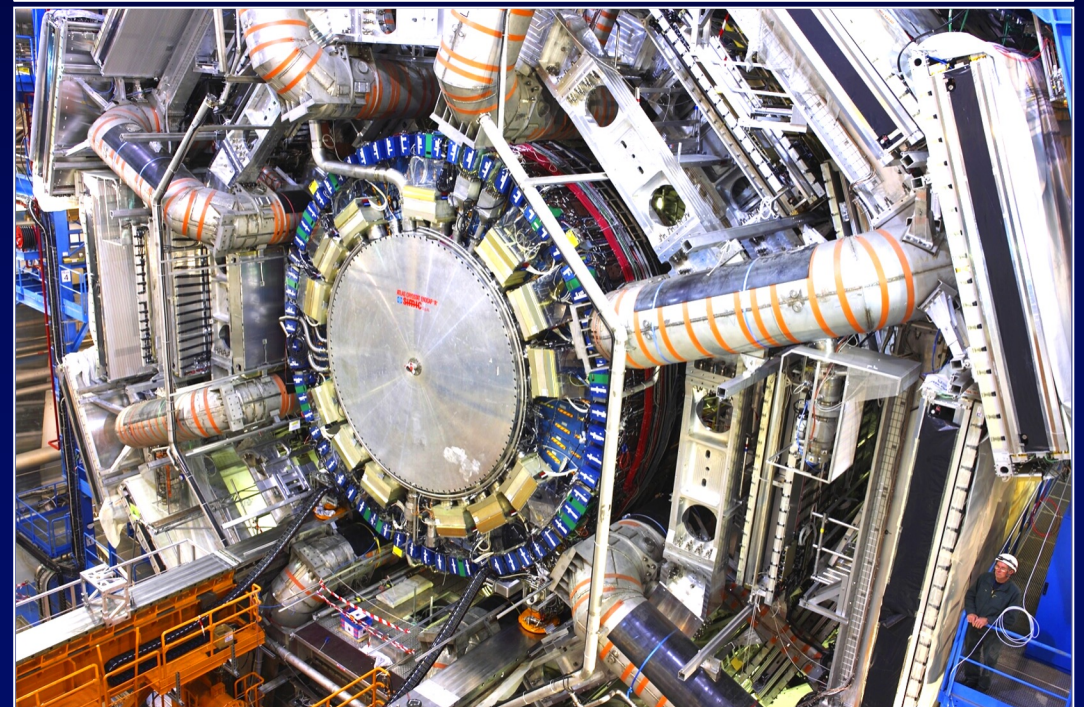
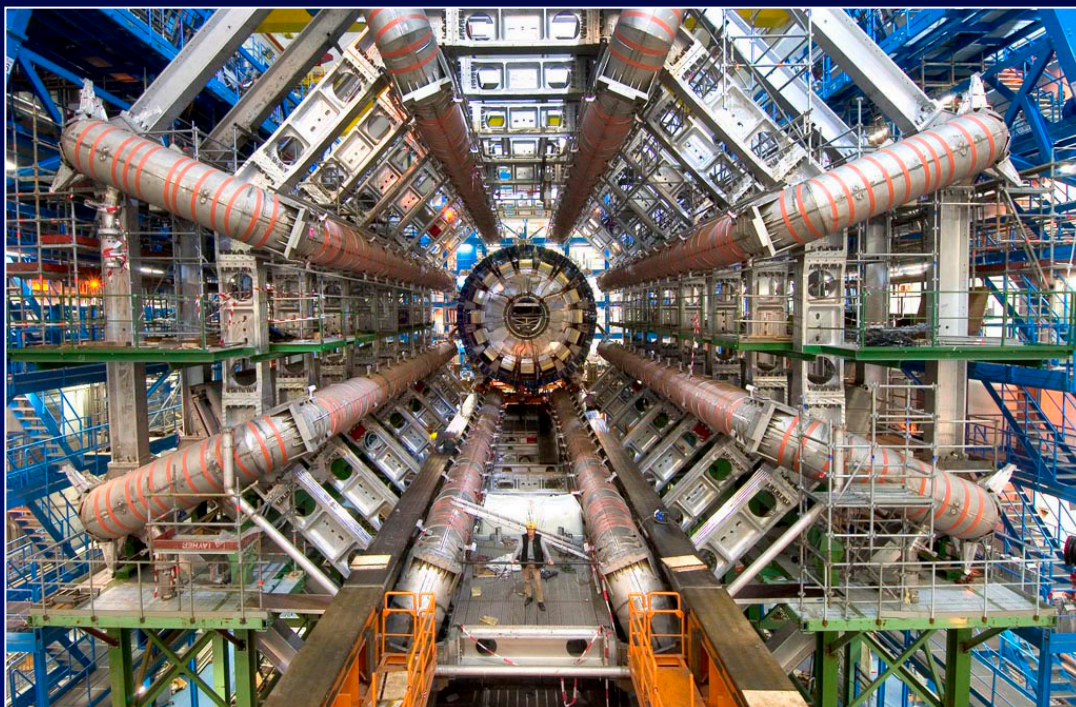
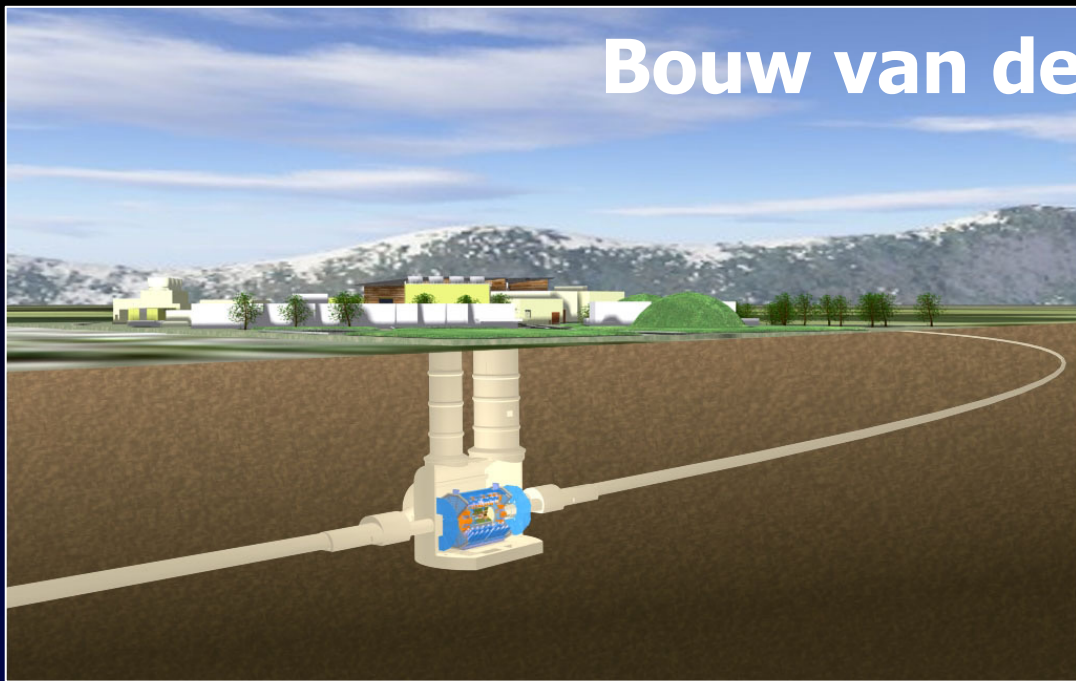
Member States (Dates of Accession)

 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



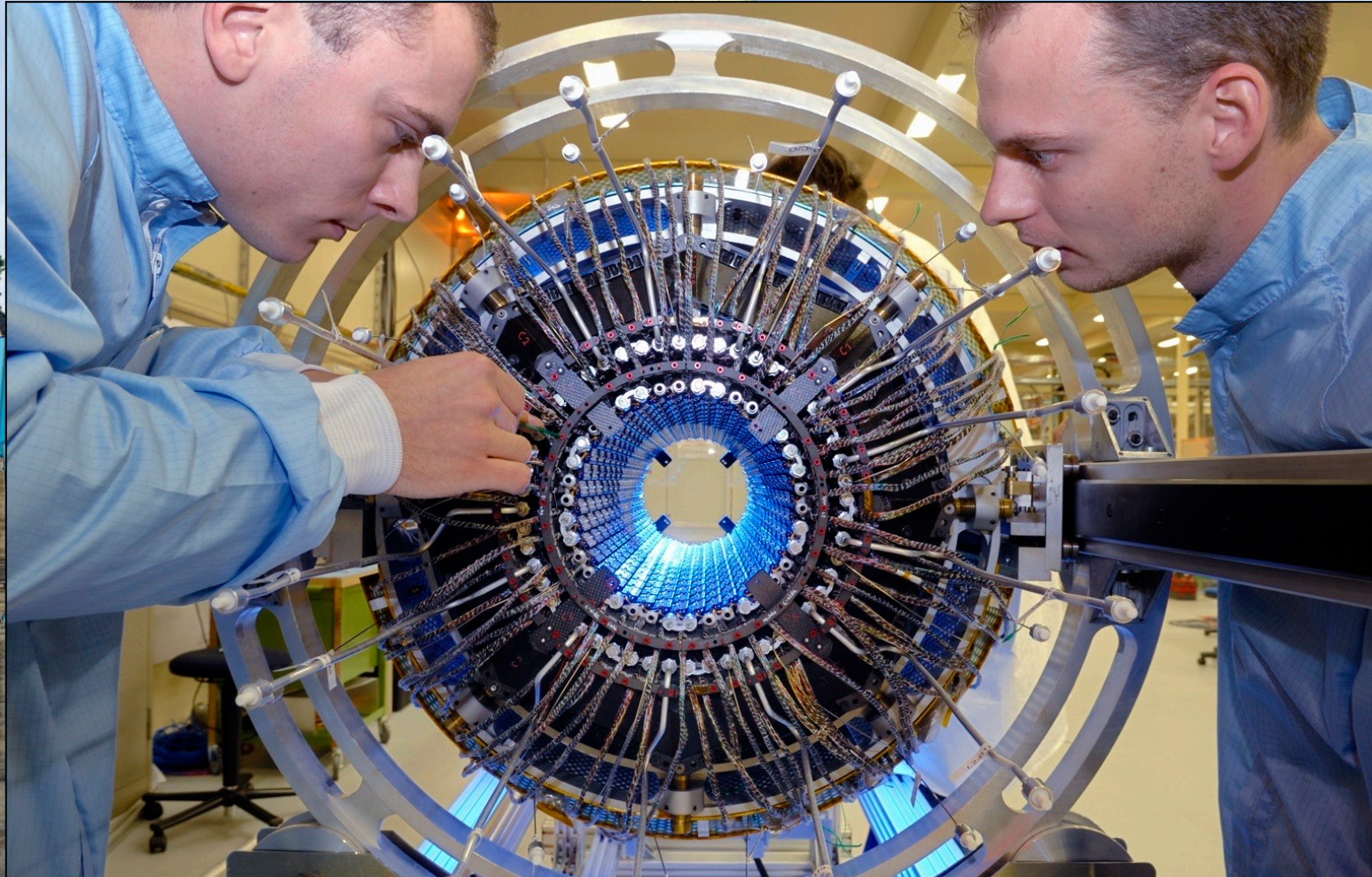
Bouw van de Atlas detector



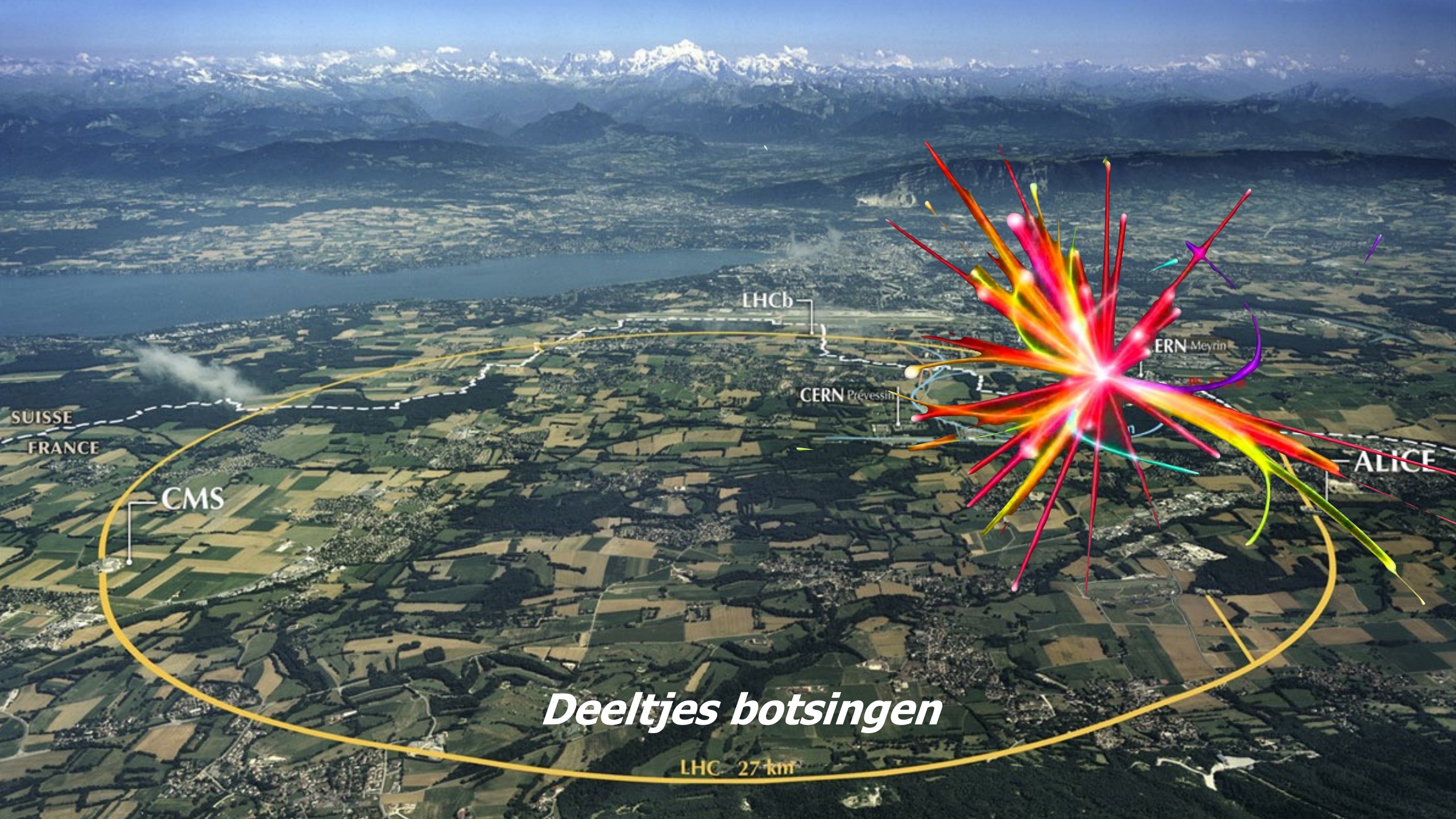
Het Atlas Experiment

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"



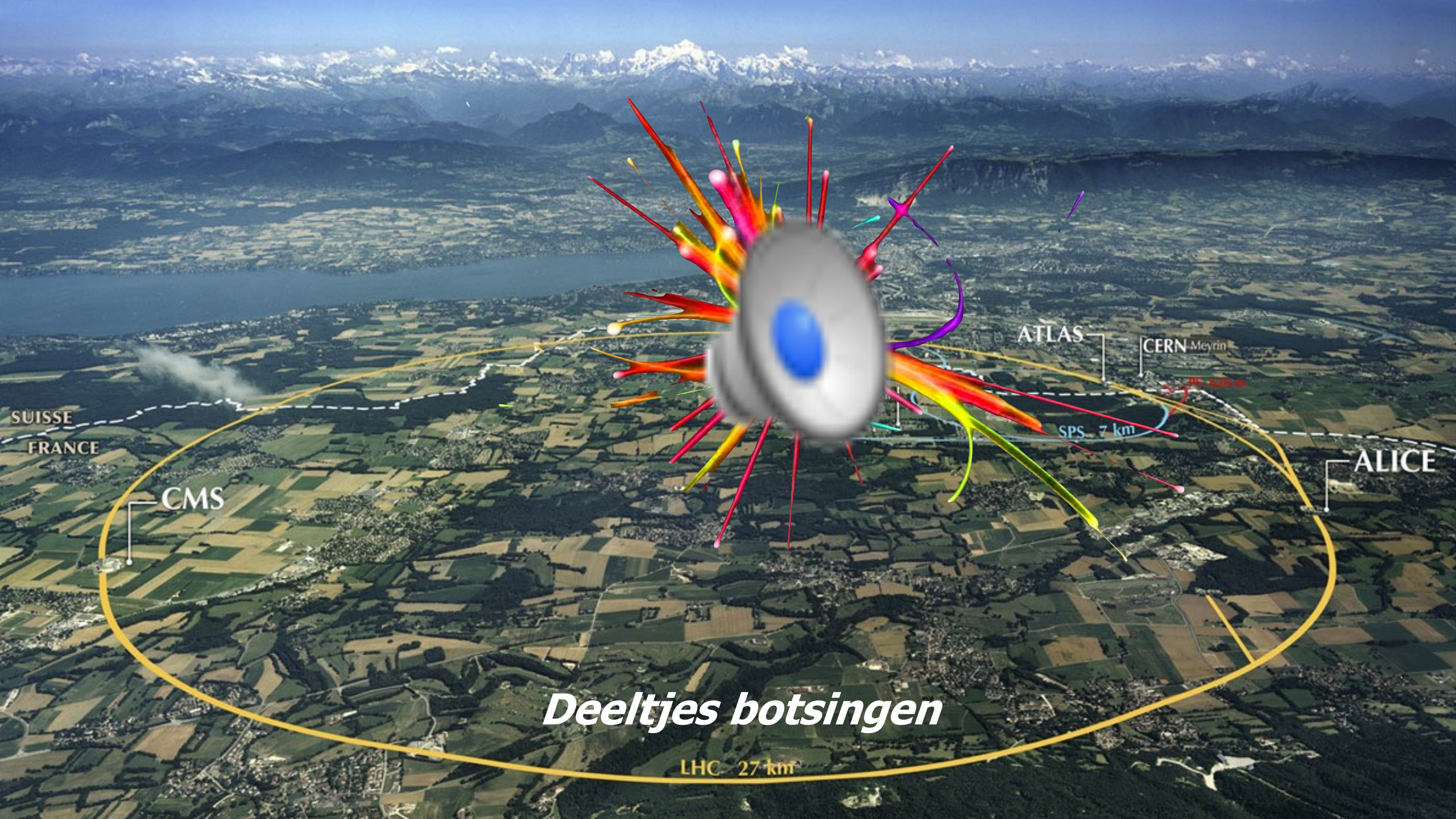
SUISSE
FRANCE

CMS

ALICE

Deeltjes botsingen

LHC 27 km



Deeltjes botsingen

LHC 27 km

CMS

ATLAS

CERN Meyrin

SPS 7 km

ALICE

SUISSE
FRANCE

De Elementaire Deeltjes

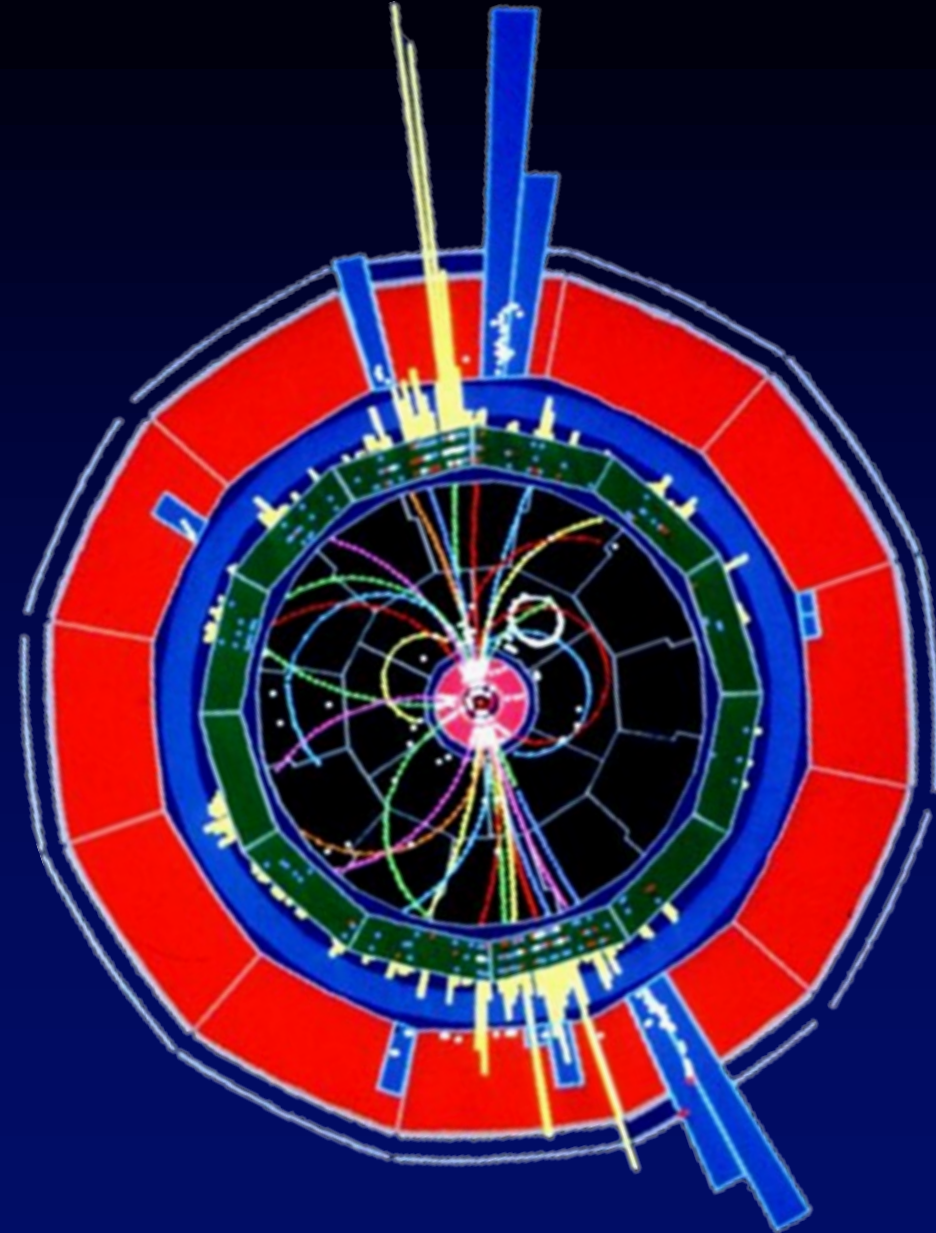
Generatie:

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

3 "generaties" van deeltjes!

leptons	e (1895)	μ (1936)	τ (1973)	-1 e
	ν_e (1956)	ν_μ (1963)	ν_τ (2000)	0 e

Materie



De Elementaire Deeltjes

Generatie:

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

3 "generaties" van deeltjes!

leptons	e	μ	τ	-1 e
	ν_e	ν_μ	ν_τ	0 e

Materie

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

3 "generaties" van anti-deeltjes!

+1 e	\bar{e}	$\bar{\mu}$	$\bar{\tau}$
0 e	$\bar{\nu}_e$	$\bar{\nu}_\mu$	$\bar{\nu}_\tau$

Anti-materie

De Elementaire Deeltjes

Generatie:

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

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

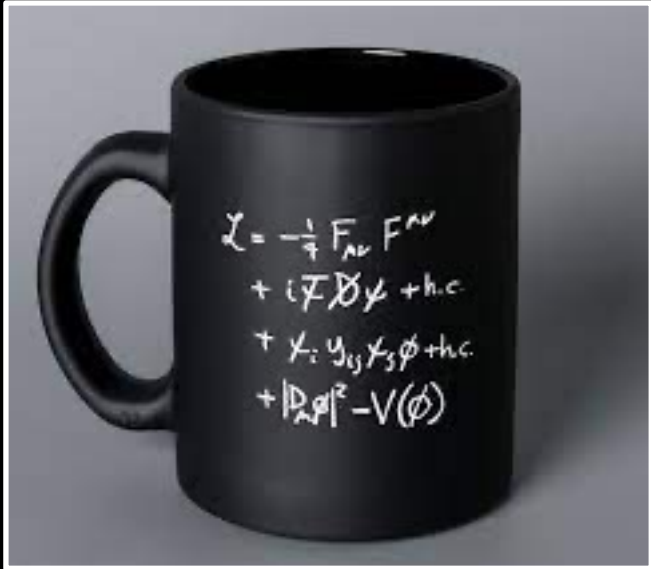
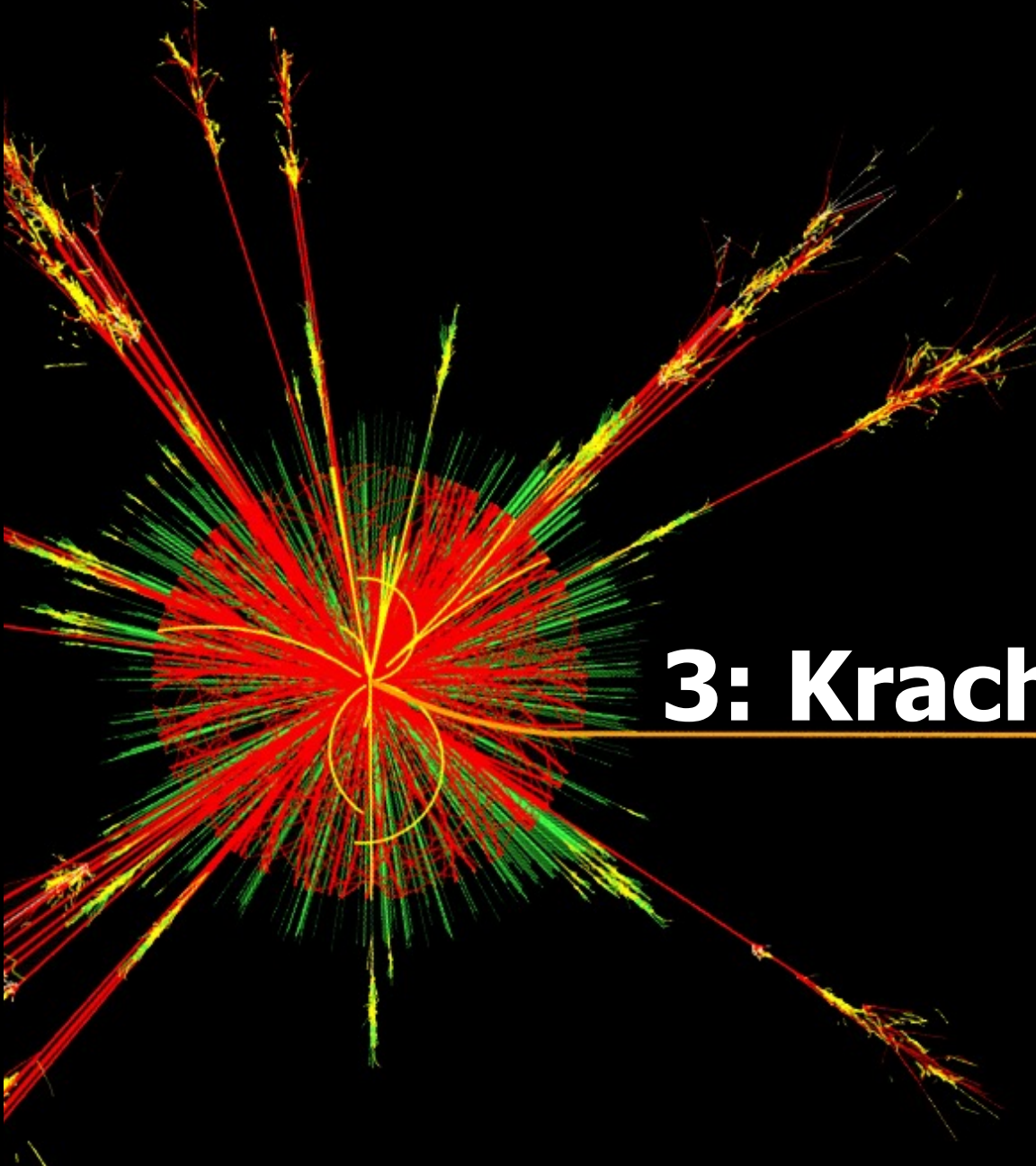
“Flavor puzzle”: Waarom bestaan er 3 generaties van deeltjes??

leptons	e	μ	τ	-1 e
	ν_e	ν_μ	ν_τ	0 e

+1 e	\bar{e}	$\bar{\mu}$	$\bar{\tau}$
0 e	$\bar{\nu}_e$	$\bar{\nu}_\mu$	$\bar{\nu}_\tau$

Materie

Anti-materie



3: Krachten: "Standaard Model"

Fermionen: spin=1/2 deeltjes

Quarks		
u	c	t
d	s	b

bosonen spin=1 deeltjes

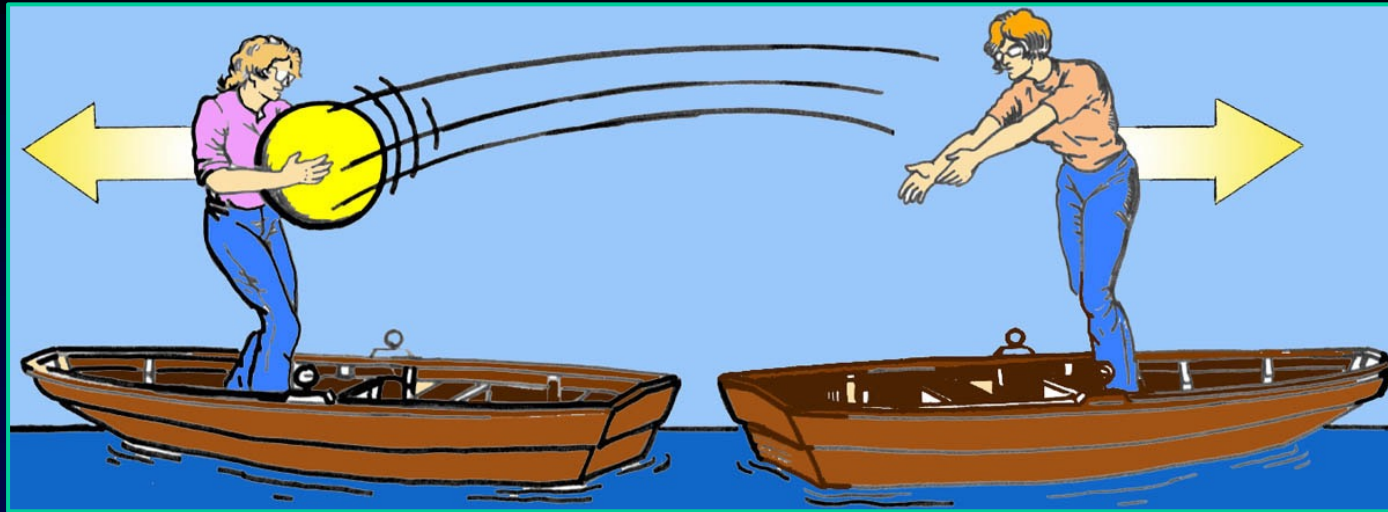
Krachten	
Z	γ
W	g

Higgs field

ν_e	ν_μ	ν_τ
e	μ	τ

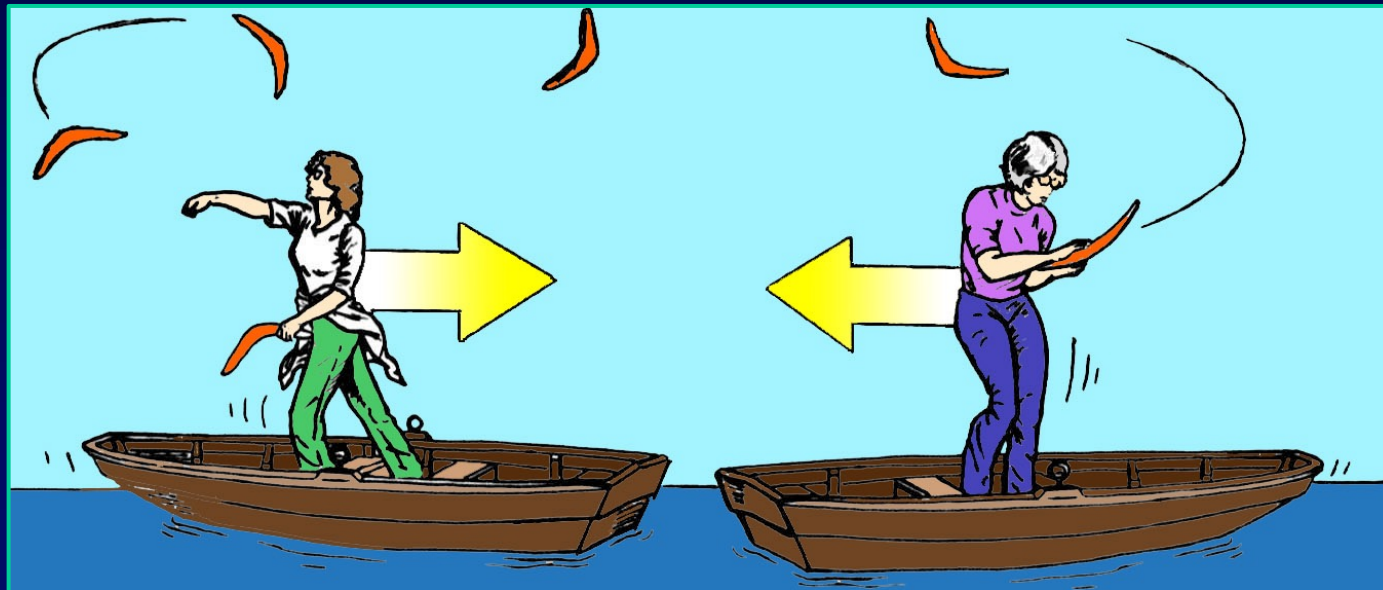
Leptonen

Krachten in quantum mechanica: deeltjesuitwisseling



“Afstotende kracht”

Er is geen
“aktie op afstand”



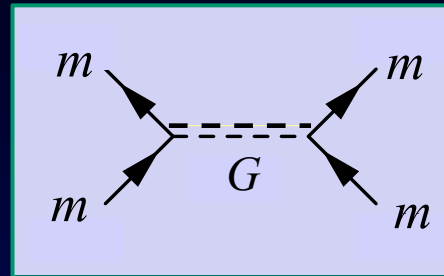
“Aantrekkende kracht”

Vier fundamentele natuurkrachten

Zwaartekracht:



Quantum
Graviton exchange?



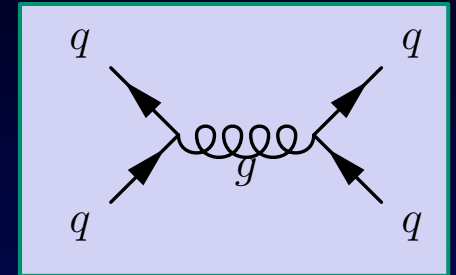
Werkt op alle deeltjes met massa

Sterke kernkracht:



Werkt op alle quarks

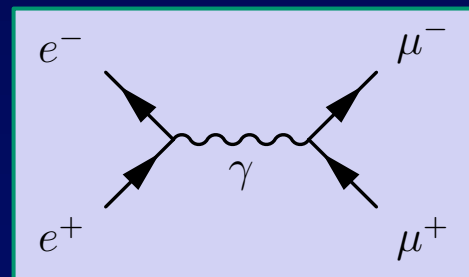
Quantum
gluon exchange:



Elektromagnetisme:



Quantum
photon exchange:



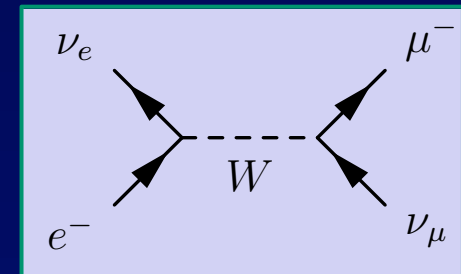
Werkt op alle elektrisch geladen deeltjes

Zwakke kernkracht:



Werkt op alle deeltjes

Quantum
W, Z exchange:

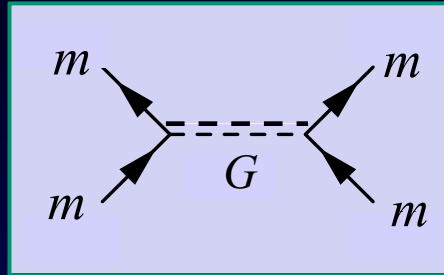


Vier fundamentele natuurkrachten

Zwaartekracht:



Quantum
Graviton exchange?

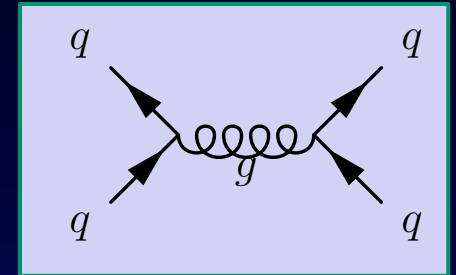


Werkt op alle deeltjes met massa

Sterke kernkracht:



Quantum
gluon exchange:

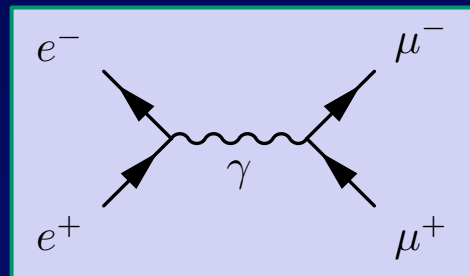


Werkt op alle quarks

Elektromagnetische:

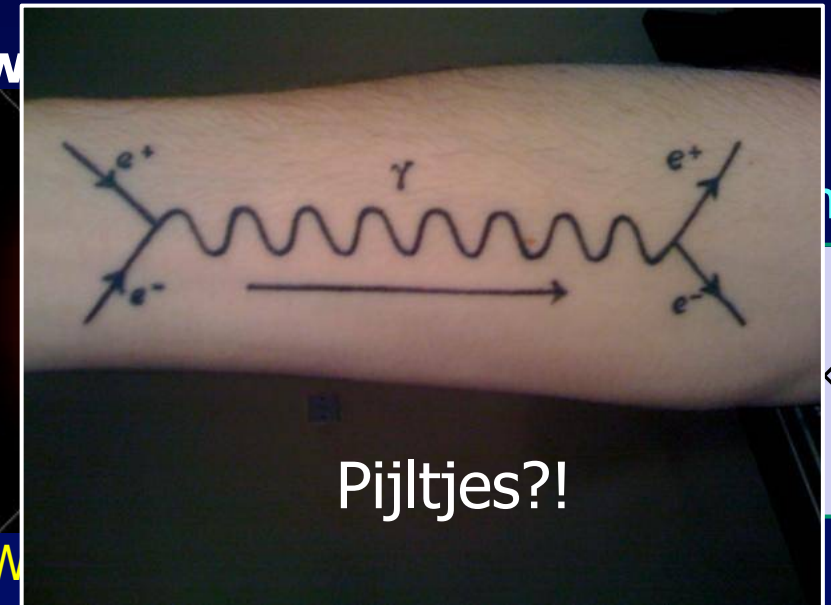


Quantum
photon exchange:

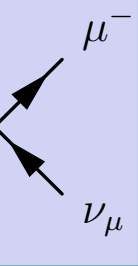


Werkt op alle geladen deeltjes

Zwakke:

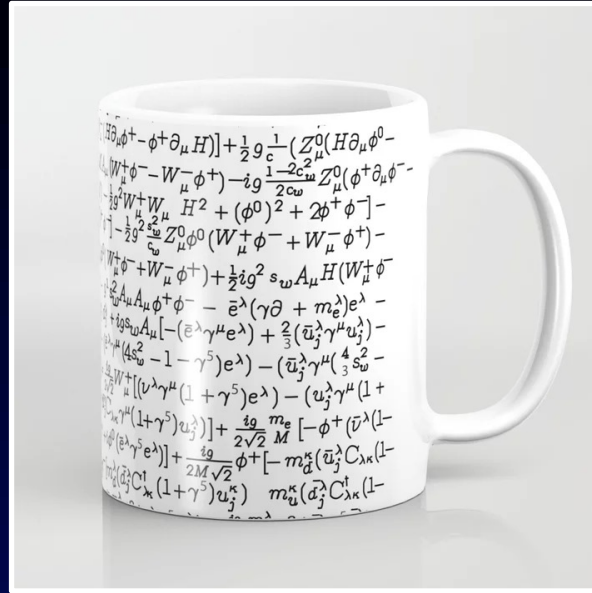
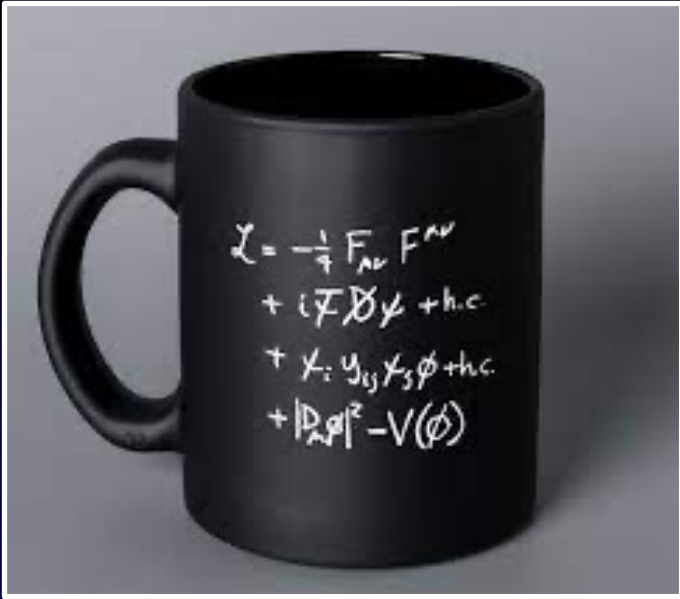


Quantum
neutrino exchange:



Werkt op alle quarks

Het Standaardmodel

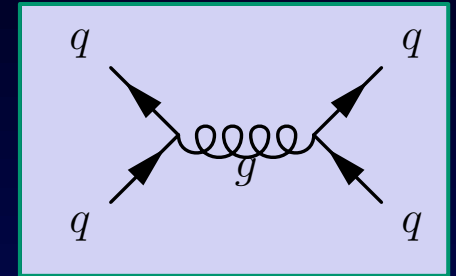


Sterke kernkracht:



Werkt op alle quarks

Quantum gluon exchange:

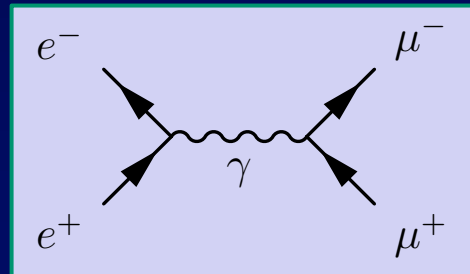


Elektromagnetisme:



Werkt op alle elektrisch geladen deeltjes

Quantum photon exchange:

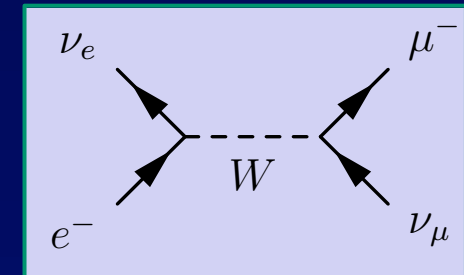


Zwakke kernkracht:

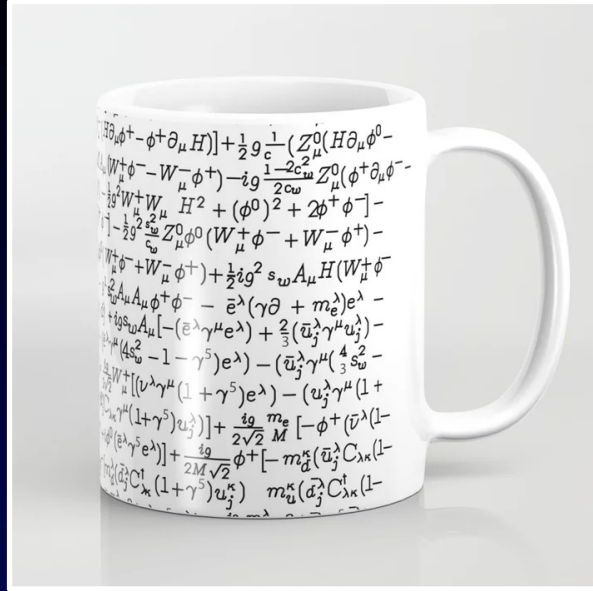
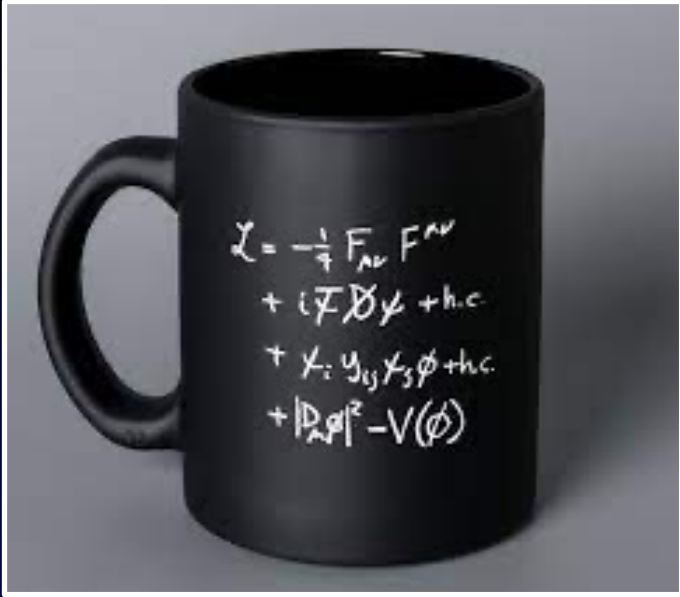


Werkt op alle deeltjes

Quantum W, Z exchange:



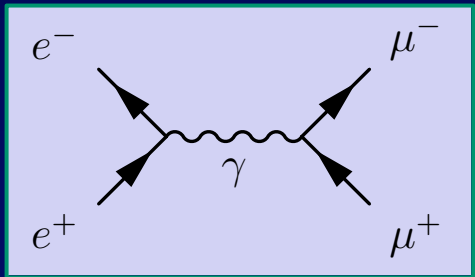
Het Standaardmodel



Elektromagnetisme:

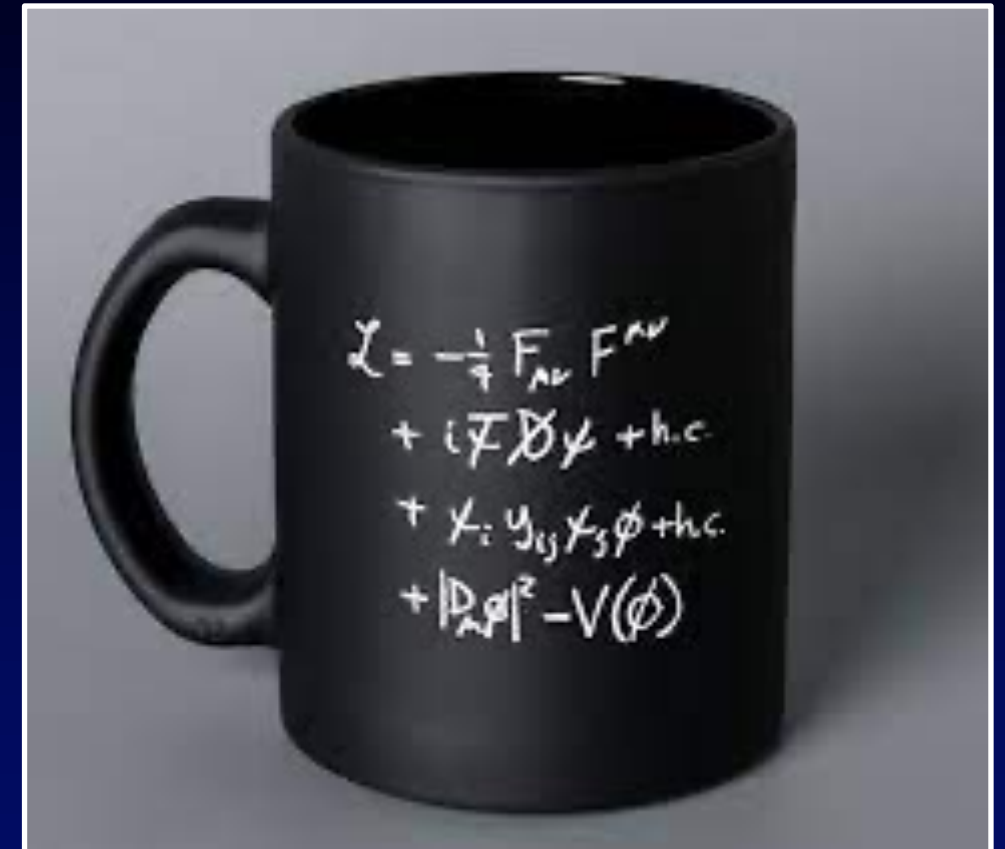
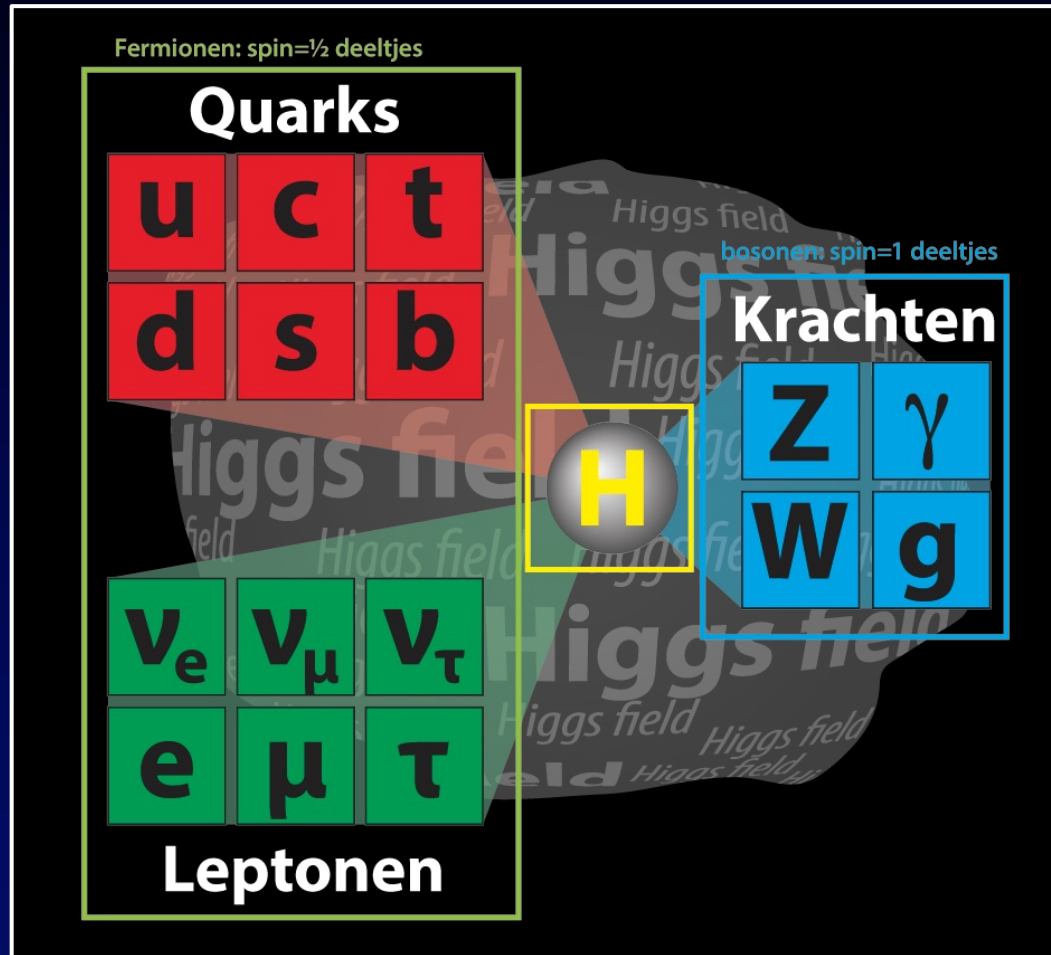


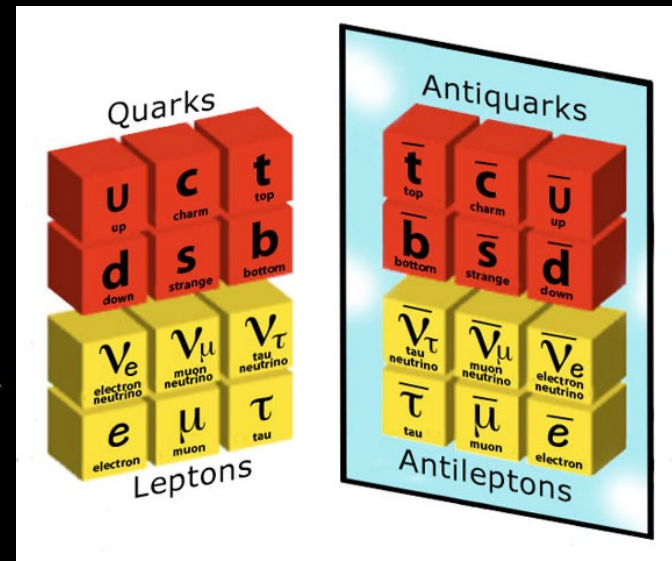
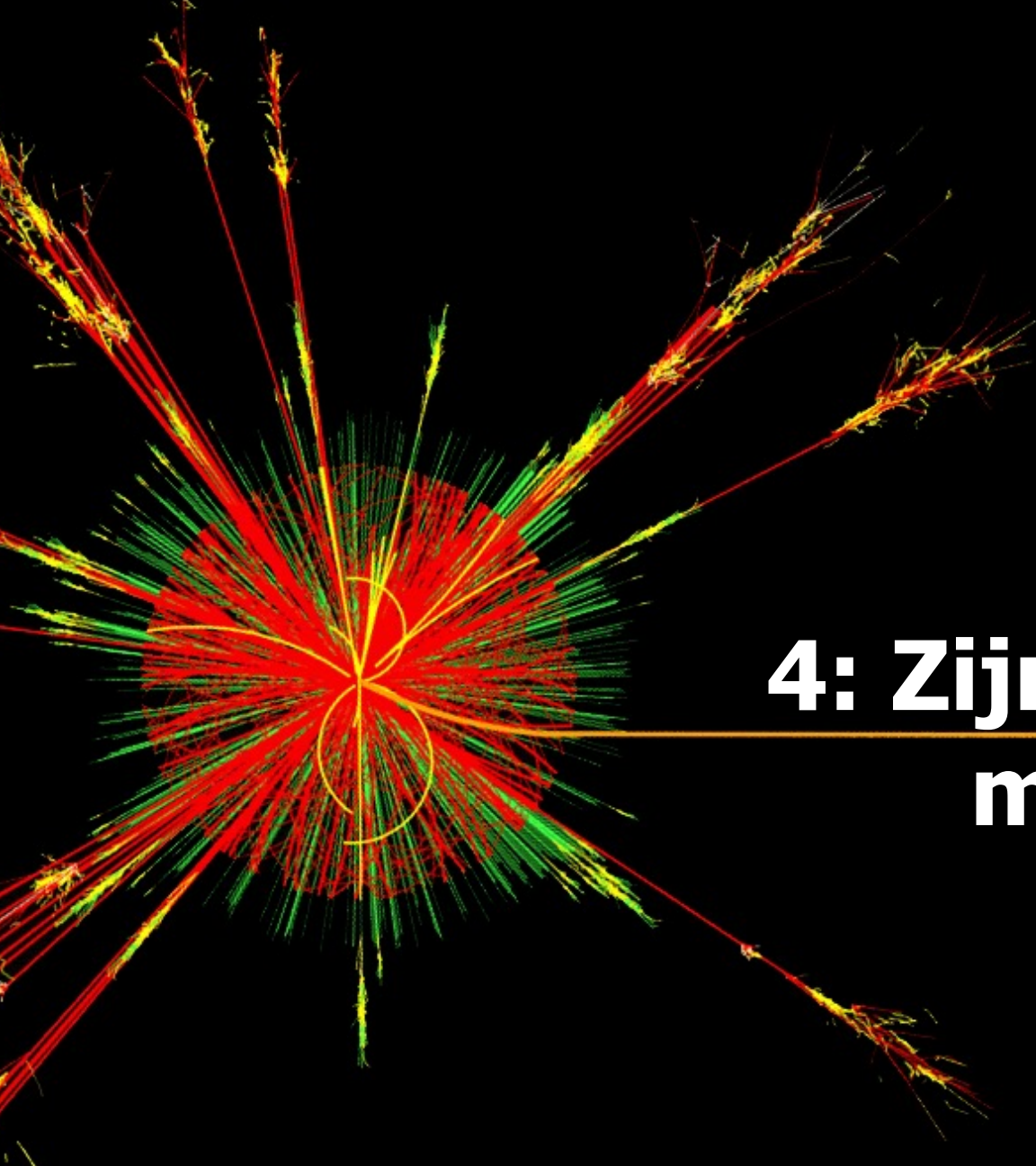
Quantum photon exchange:



Werkt op alle elektrisch geladen deeltjes

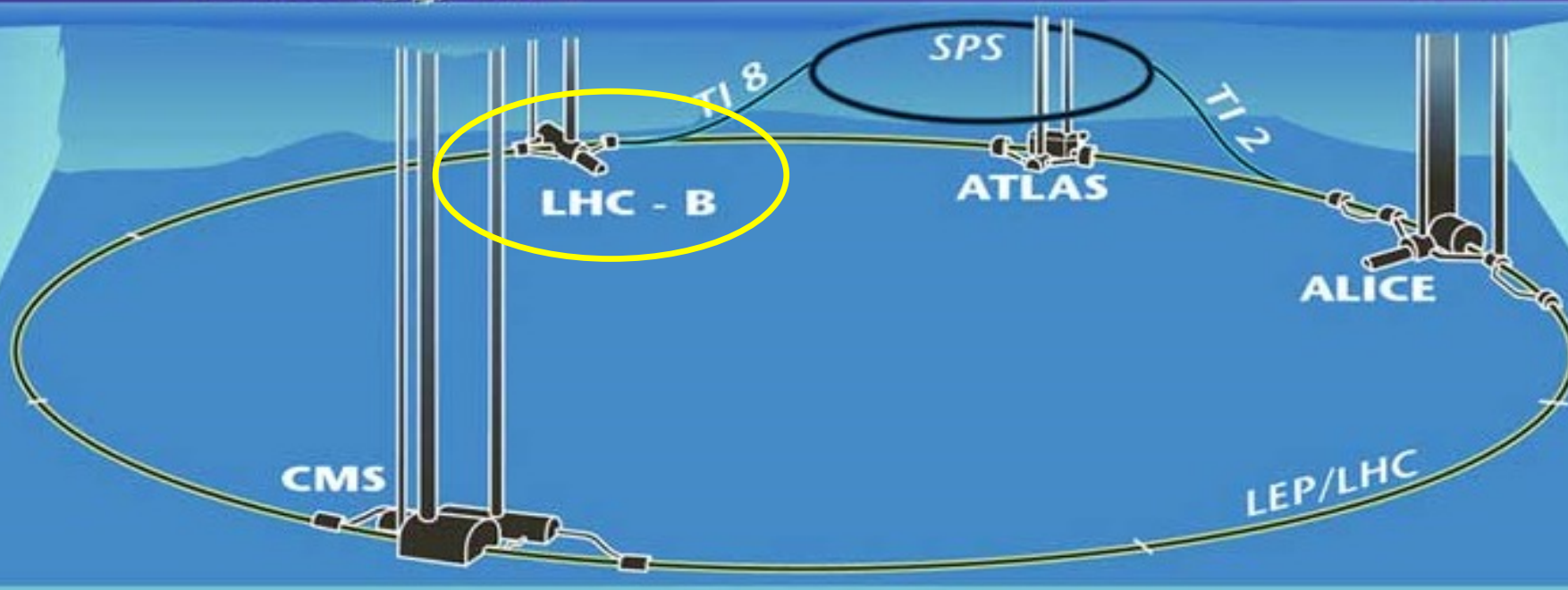
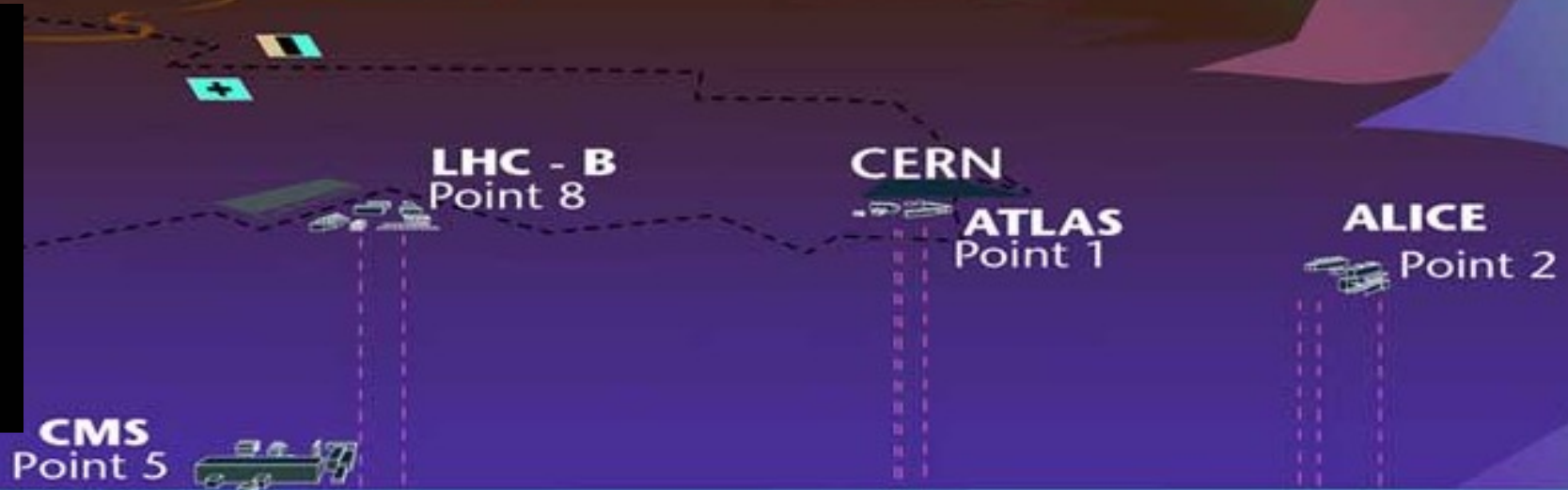
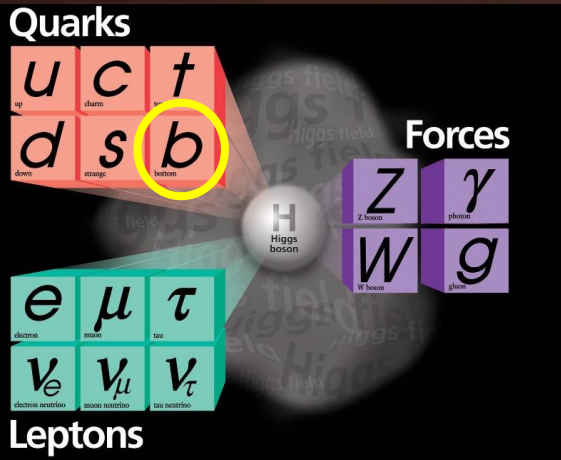
Het Standaardmodel



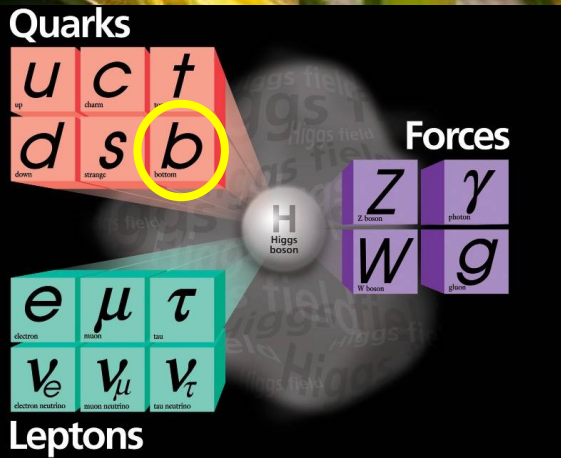


4: Zijn krachten identiek voor materie and antimaterie?

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?



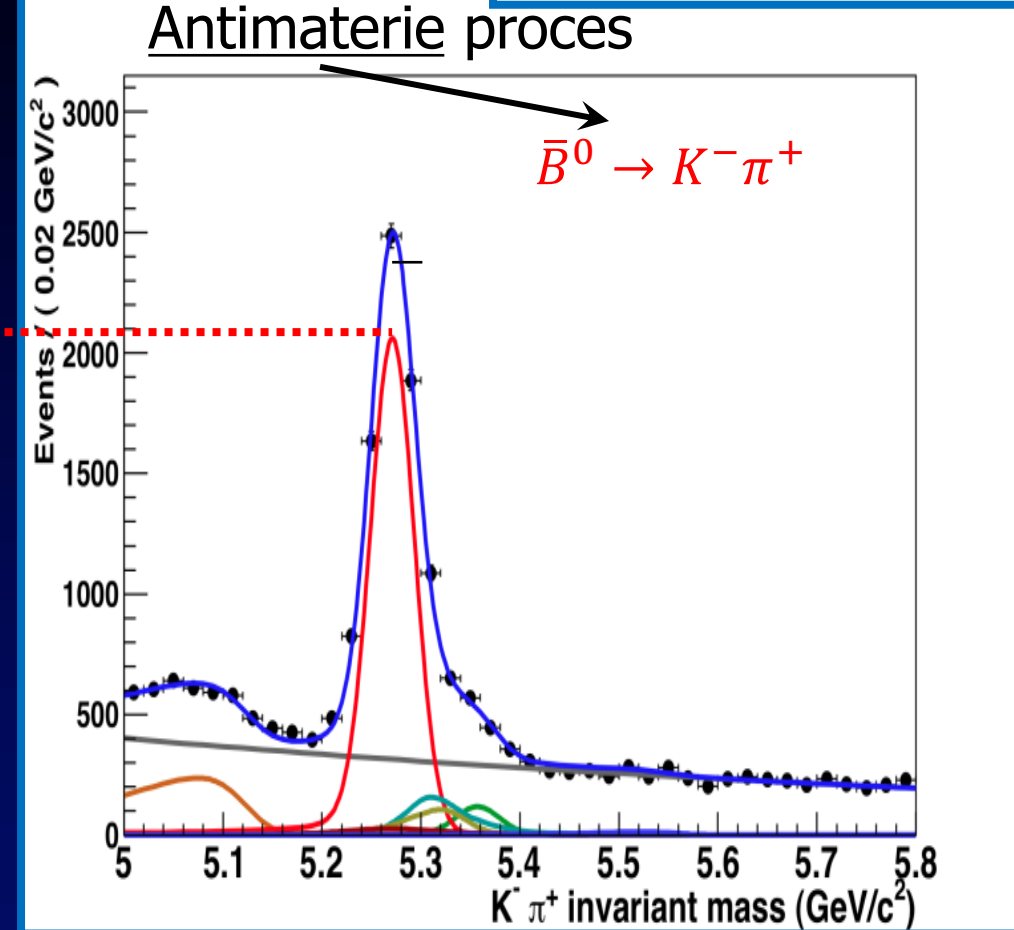
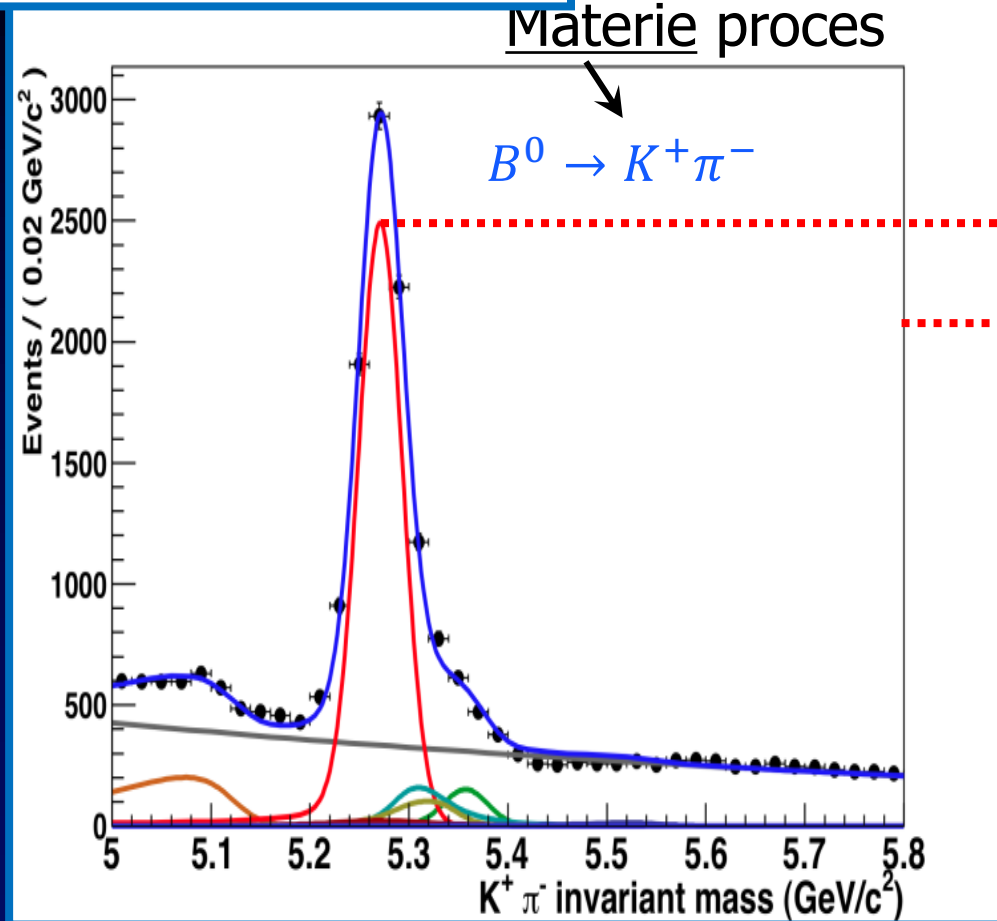
23 sep 2010
Run 79646

19:49:24
Event 143858637

B-vervalsproces: materie vs antimaterie

***B* deeltje** verval naar
een K^+ en een π^- particle

***anti-B* deeltje** verval naar
een K^- en een π^+ deeltje

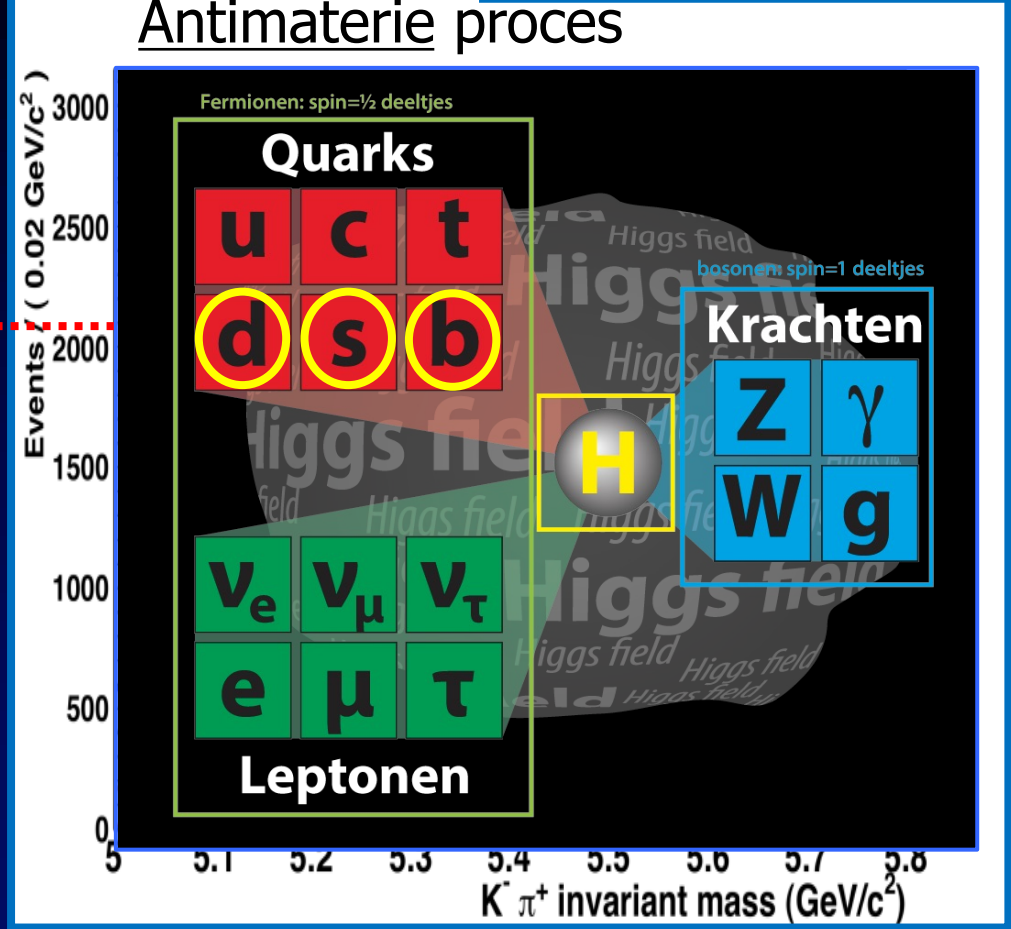
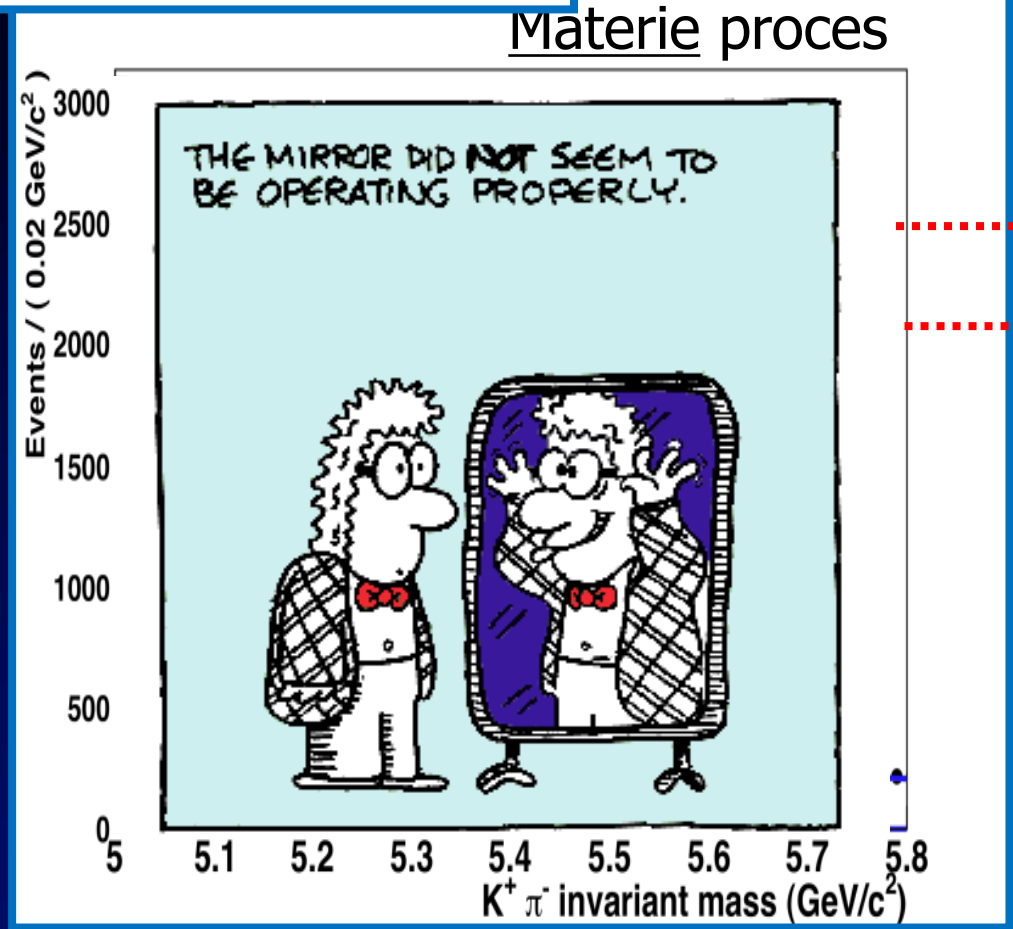


Asymmetrie: Materie vervalsproces anders dan antimaterie versie!
Quantum krachten tussen deeltjes en anti-deeltjes niet geheel identiek!

B-vervalsproces: materie vs antimaterie

B deeltje verval naar een K^+ en een π^- particle

anti-B deeltje verval naar een K^- en een π^+ deeltje



The materie – antimaterie symmetrie is verbroken

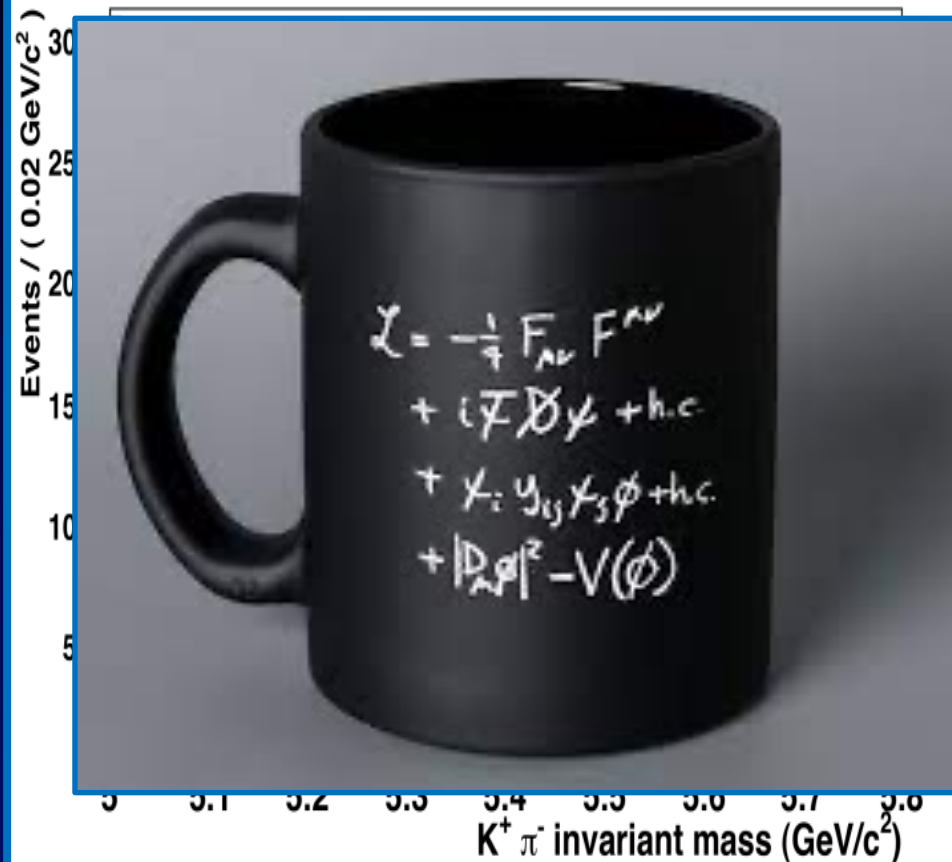
Dit gebeurt **alleen** als er tenminste **drie generaties** deeltjes bestaan!!!

B-vervalsproces: materie vs antimaterie

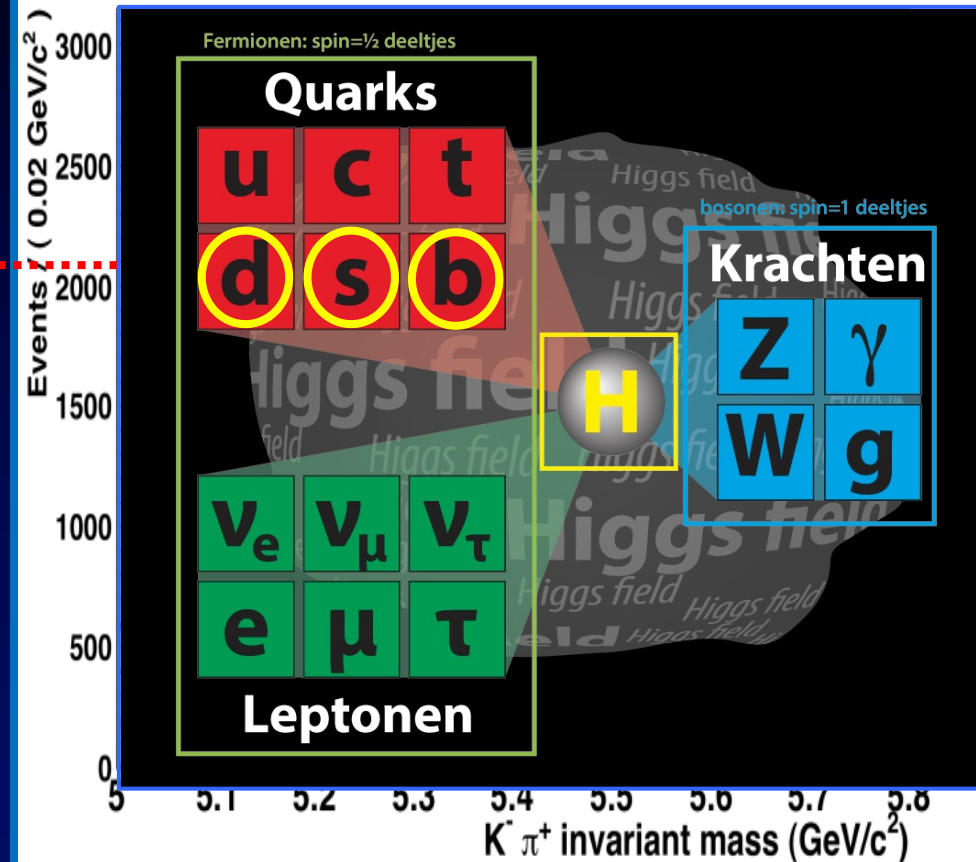
B deeltje verval naar
een K^+ en een π^- particle

anti-B deeltje verval naar
een K^- en een π^+ deeltje

Materie proces



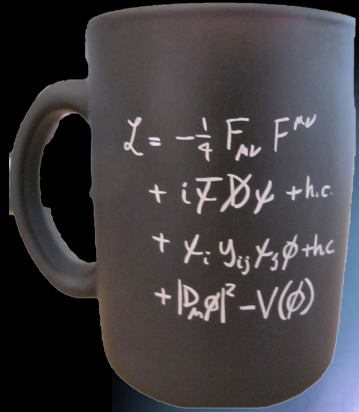
Antimaterie proces



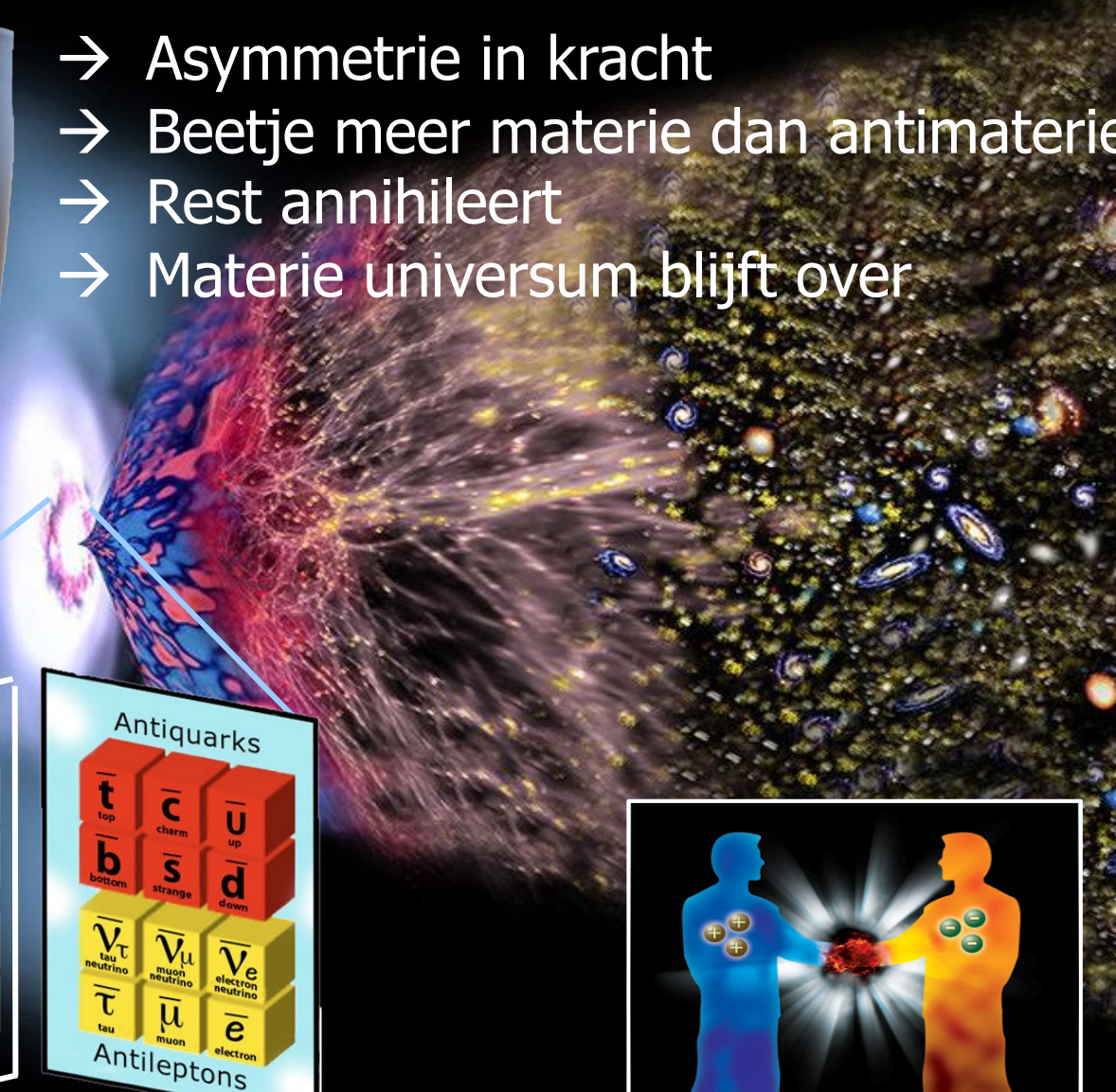
The materie – antimaterie
symmetrie is verbroken

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

ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino
e electron	μ muon	τ tau

50.000001%

Antiquarks

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

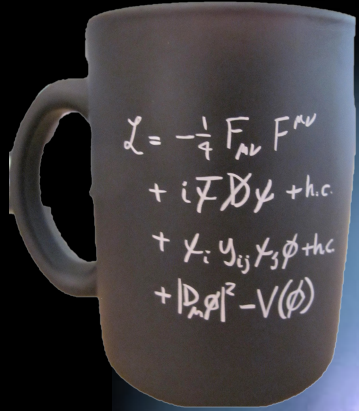
Antileptons

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

49.999999%



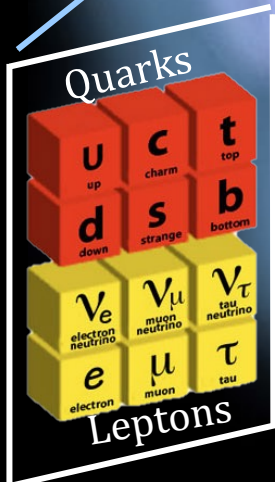
Vroege Universum: waar is de antimaterie heen?



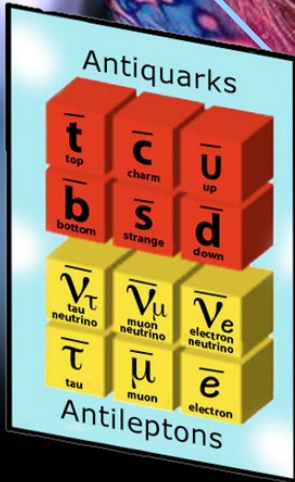
Helaas: het werkt niet!

Asymmetrie is niet groot genoeg.

Verklaring vereist nieuwe kracht of deeltjes!

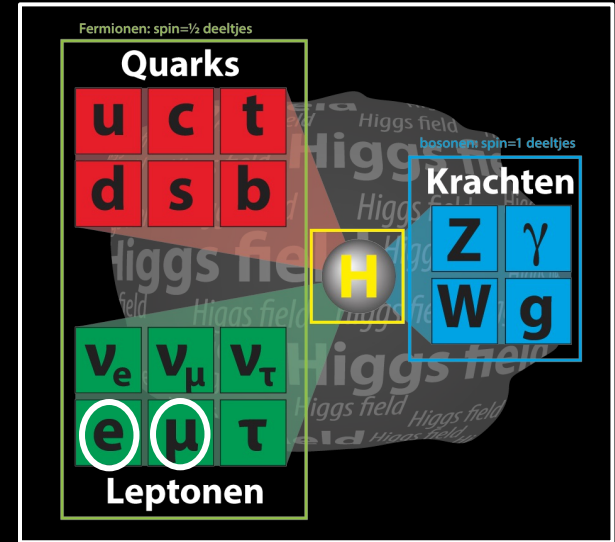
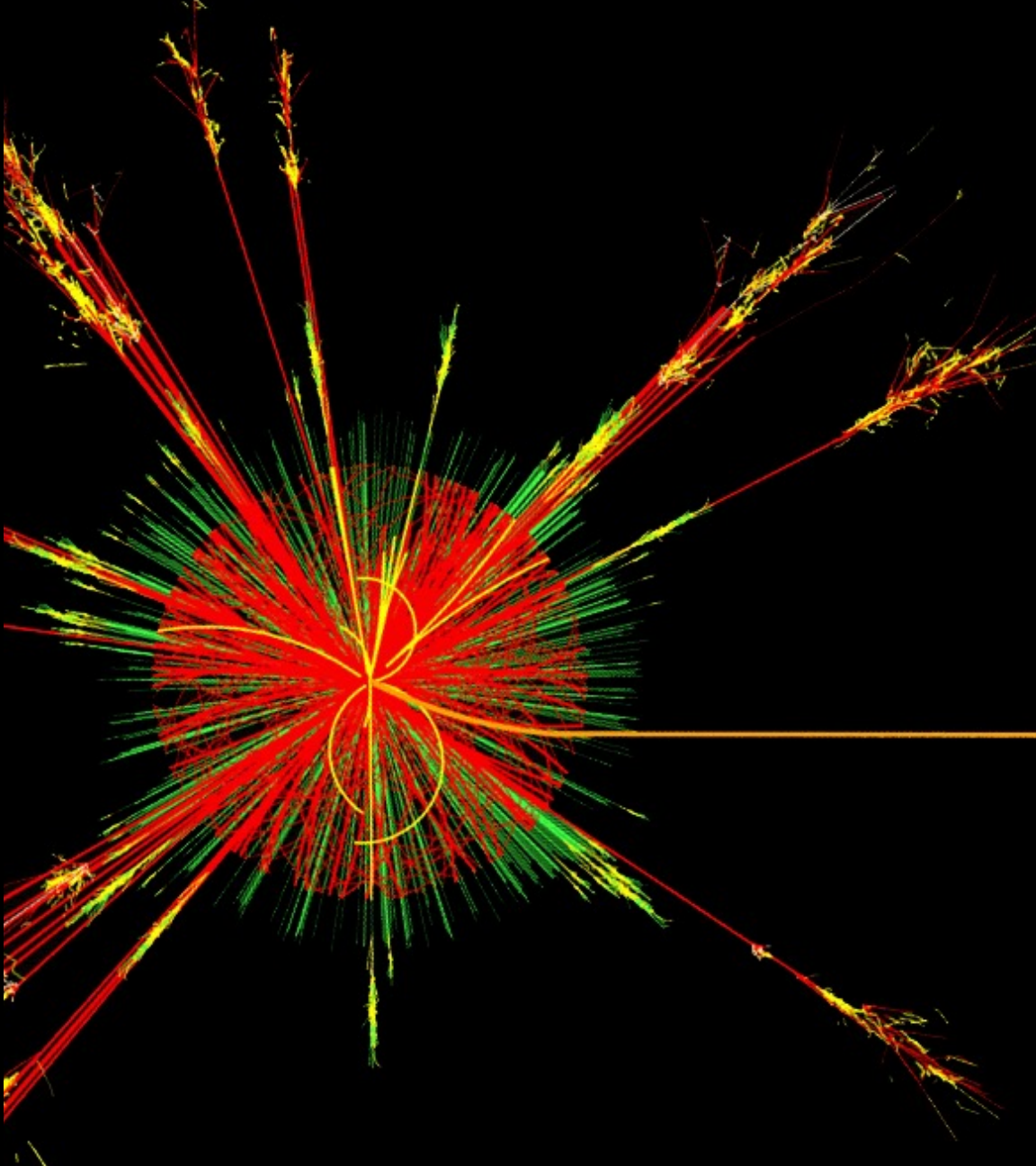


50.000001%

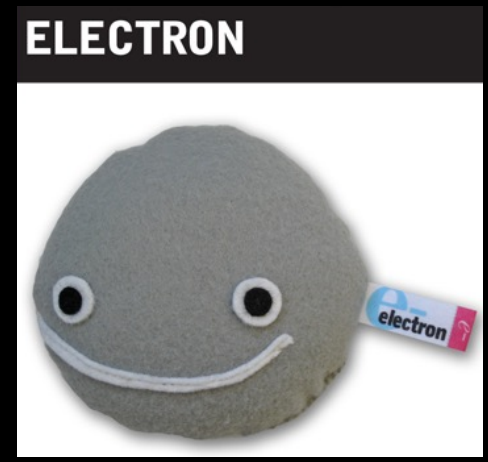


49.999999%

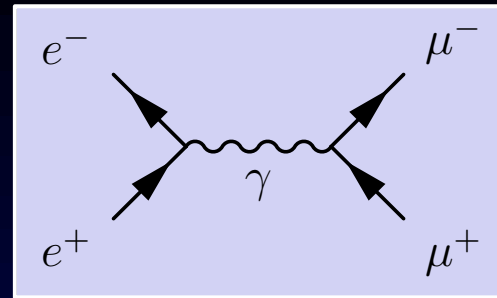
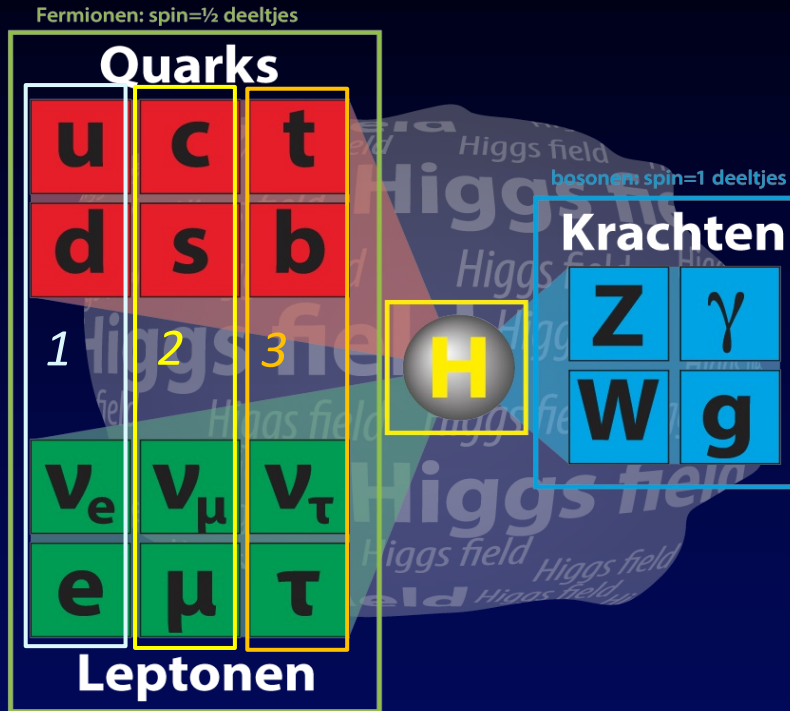




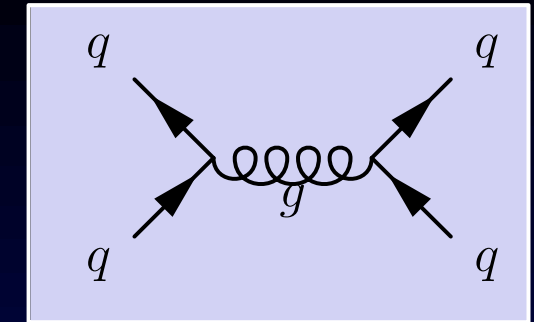
5: Universaliteit: een nieuwe kracht?



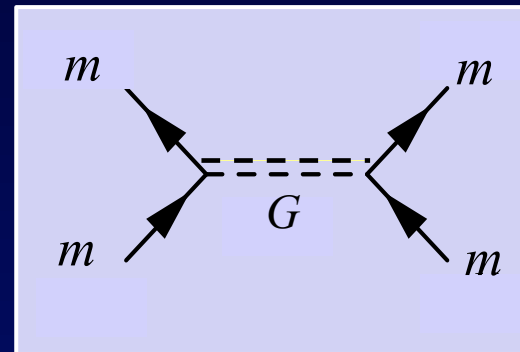
Standaardmodel: Universaliteit van de Krachten



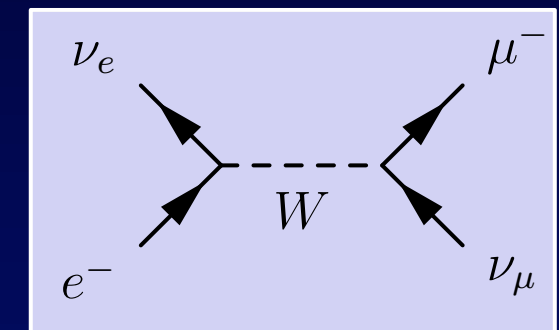
Elektromagnetisme



Sterke kernkracht



Zwaartekracht



Zwakke kernkracht

Krachten zijn identiek voor deeltjes van 1^e, 2^e en 3^e generatie.

→ "Universaliteit"

Fermionen: spin=1/2 deeltjes

Quarks

u	c	t
d	s	b

Higgs field

Krachten

Z	γ
W	g

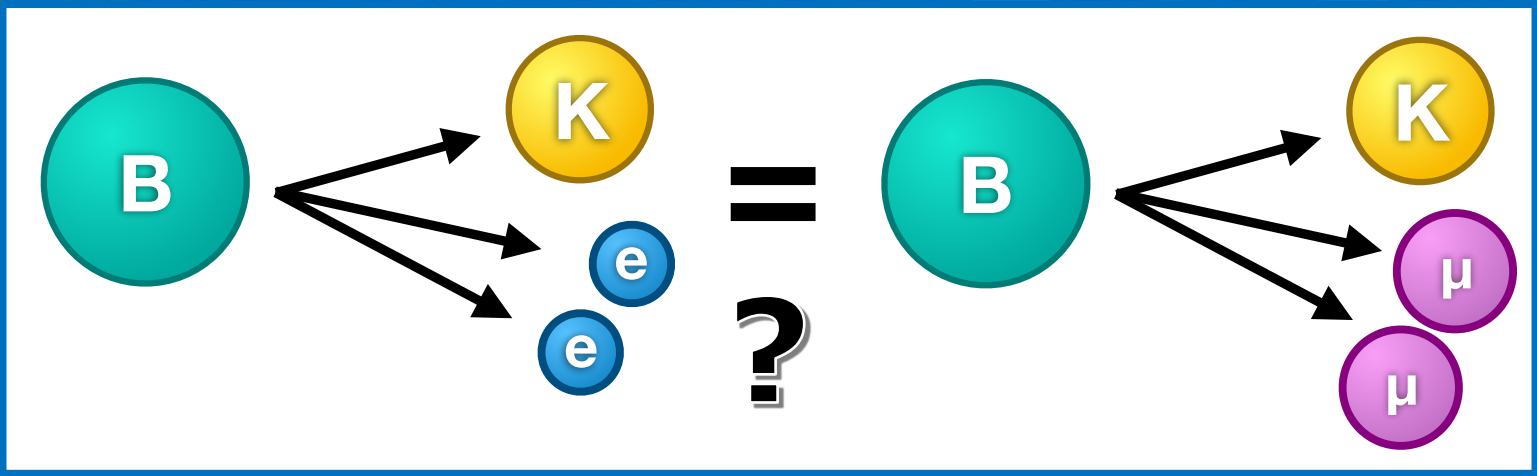
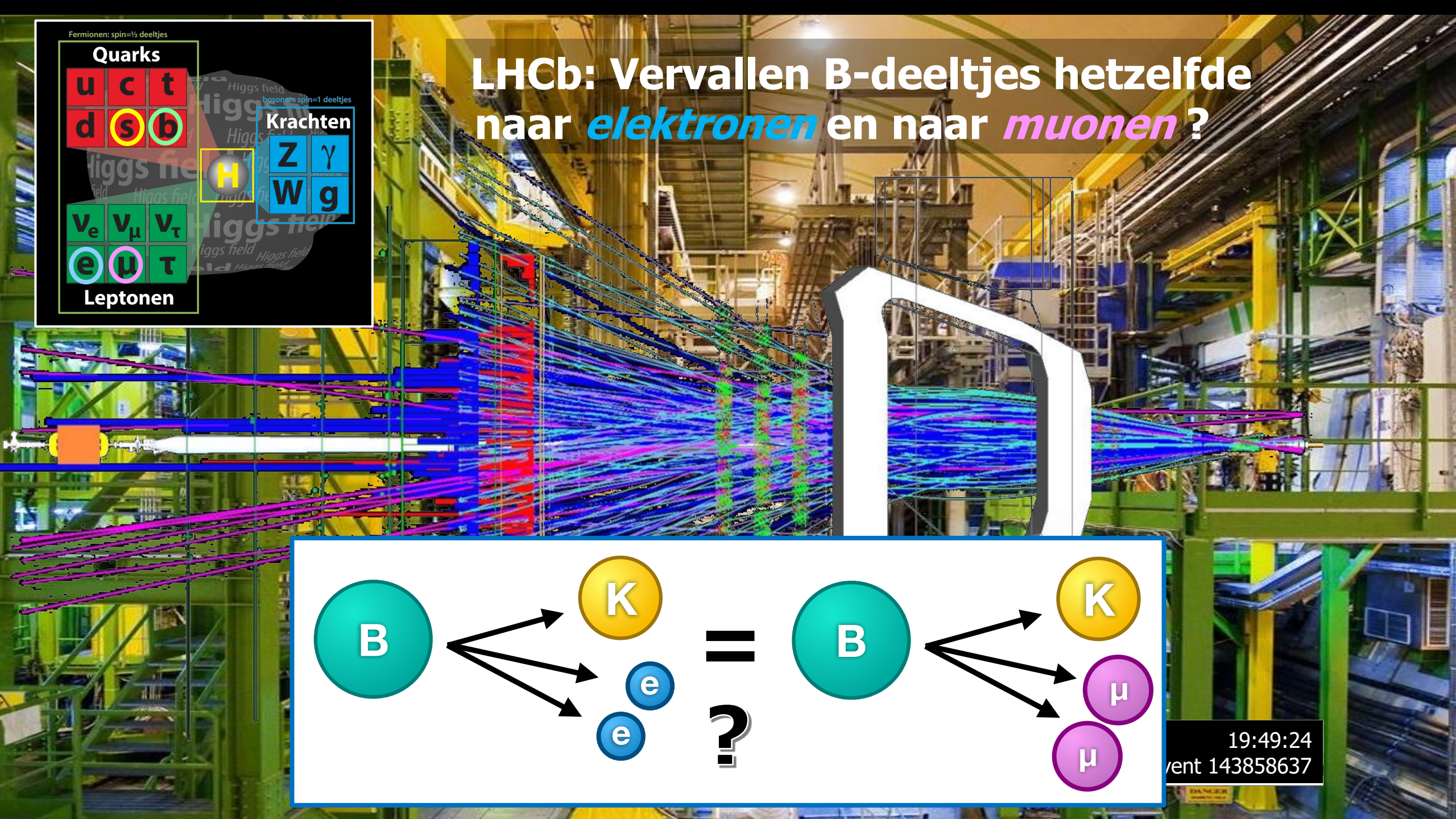
H

Leptonen

ν_e	ν_μ	ν_τ
e	μ	τ

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

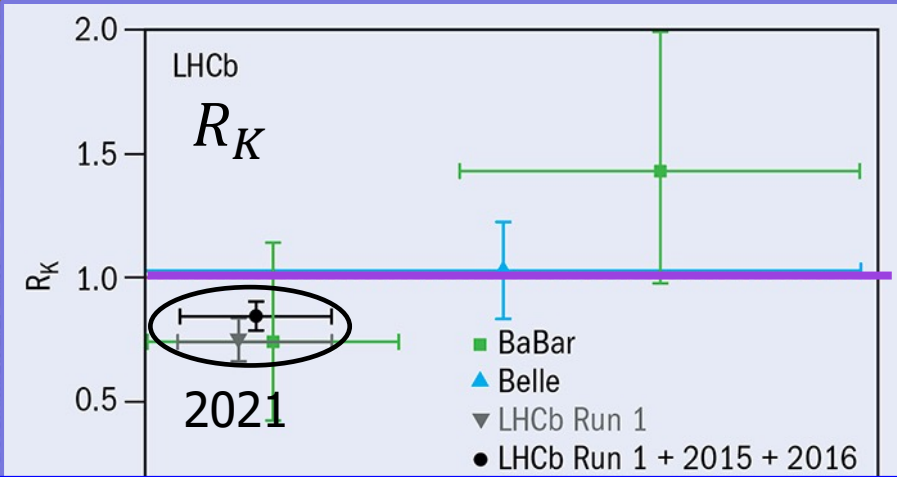
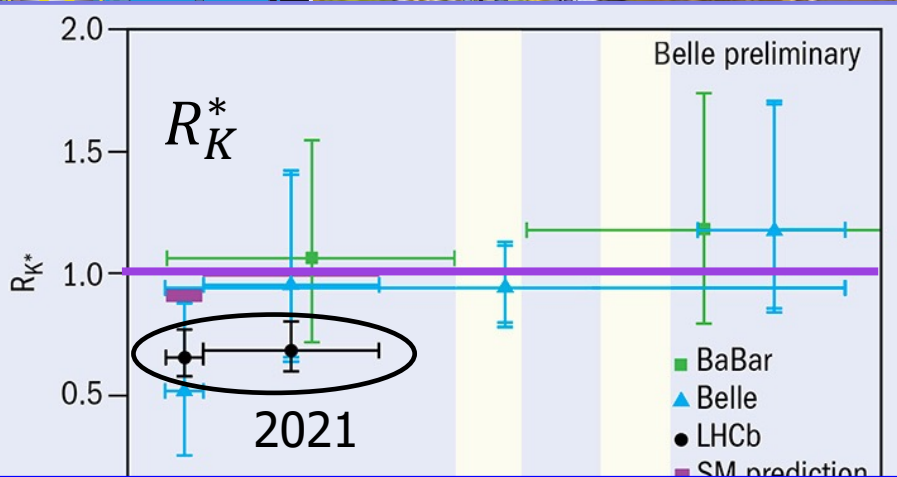
Krachten

Z	γ
---	---

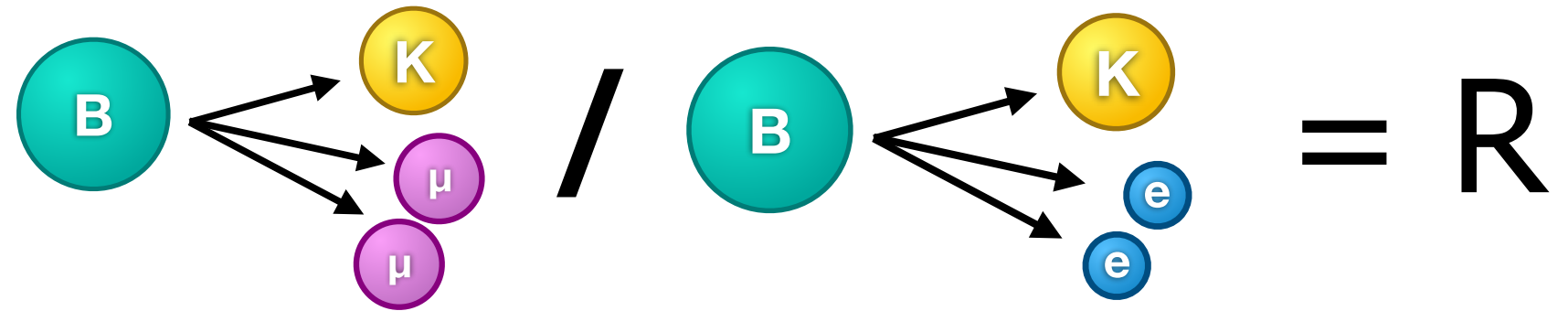
Higgs field

Leptonen

ν_e	ν_μ	ν_τ
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'

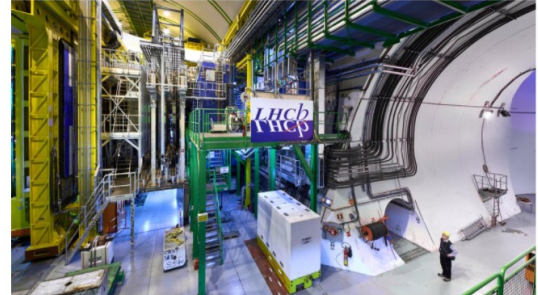
Na de vondst van het Higgs-deeltje, negen jaar geleden, klinken er nu opnieuw opgetogen ...

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)



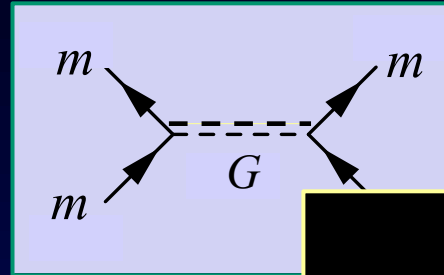
De tunnel van deeltjesversneller LHC bij Cern, Genève. In de blauwe buis zwiepen deeltjes met bijna de lichtsnelheid rond tot ze op elkaar knallen. Tussen de brokstukken van die botsing zoeken fysici naar aanwijzingen voor hoe de wereld op het kleinste niveau werkt. Beeld AP

Vier(?) fundamentele natuurkrachten

Zwaartekracht:

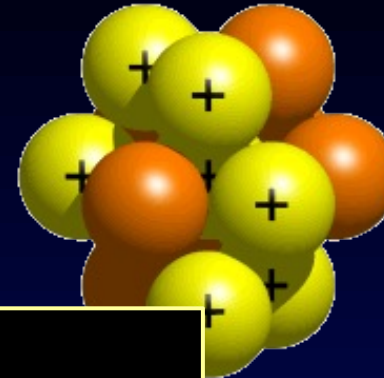


Quantum
Graviton exchange?



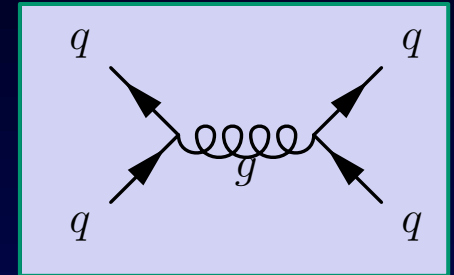
Werkt op alle deeltjes met massa

Sterke kernkracht:



alle quarks

Quantum
gluon exchange:



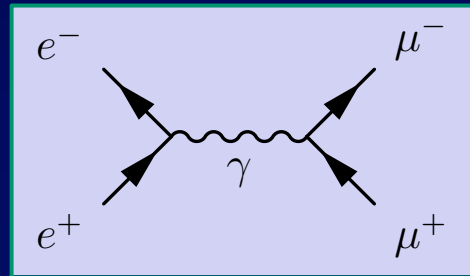
+ ????

Vijfde kracht?

Elektromagnetisme:

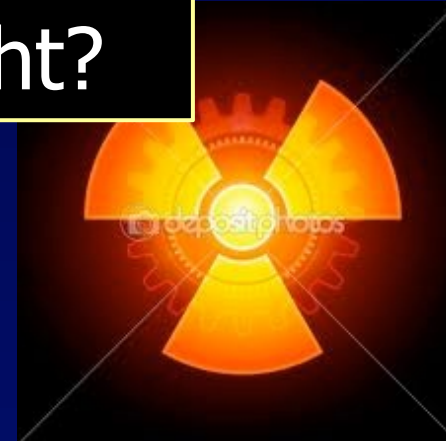


Quantum
photon exchange



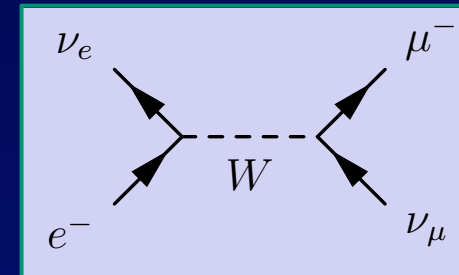
Werkt op alle elektrisch geladen deeltjes

Wakernkracht:

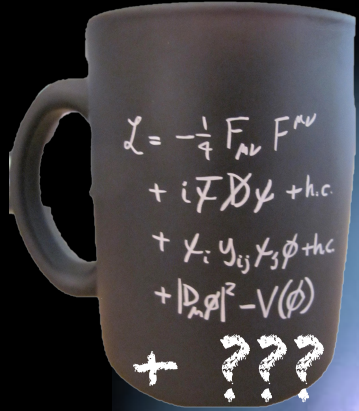


Werkt op alle deeltjes

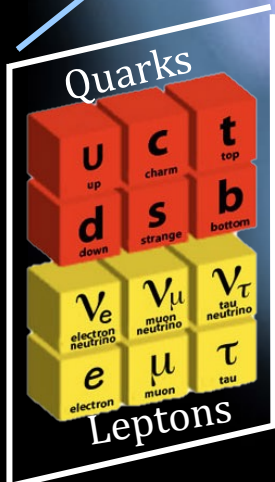
Quantum
W, Z exchange:



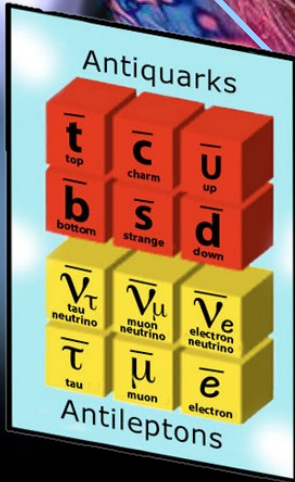
Conclusie: Hoe is de antimaterie verdwenen in het universum?



Door een vijfde kracht in de Big Bang?!



50.000001%

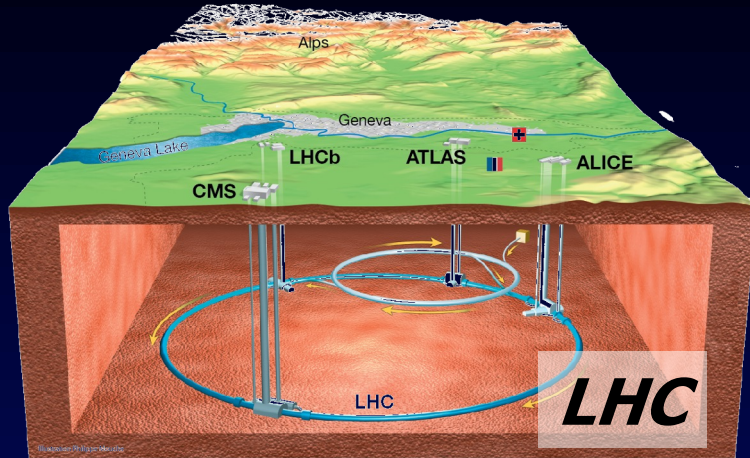


49.999999%

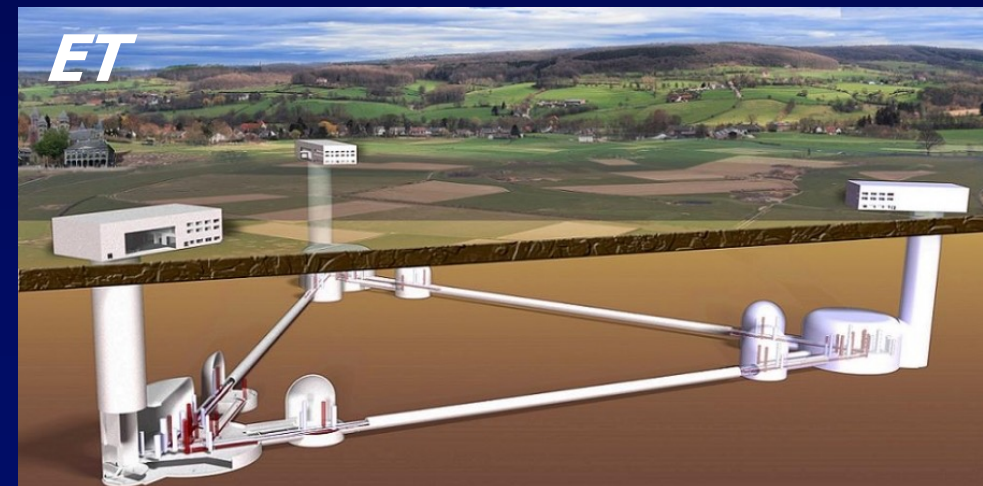
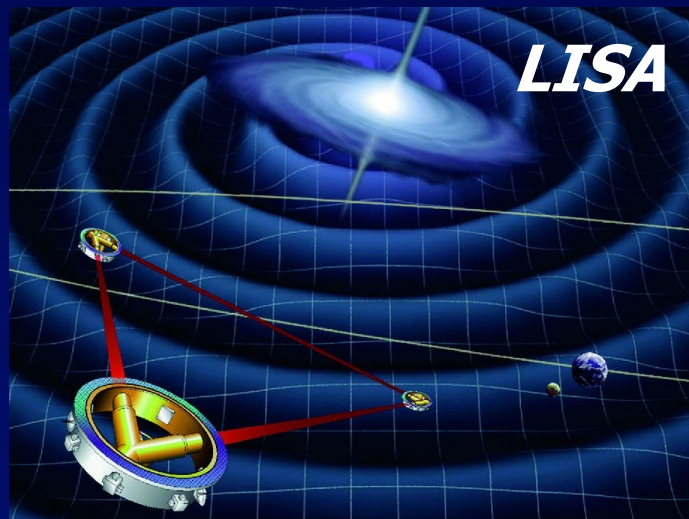


Toekomst: "Cirkels en Driehoeken"

Deeltjesversnellers: fysica van de Big Bang ...

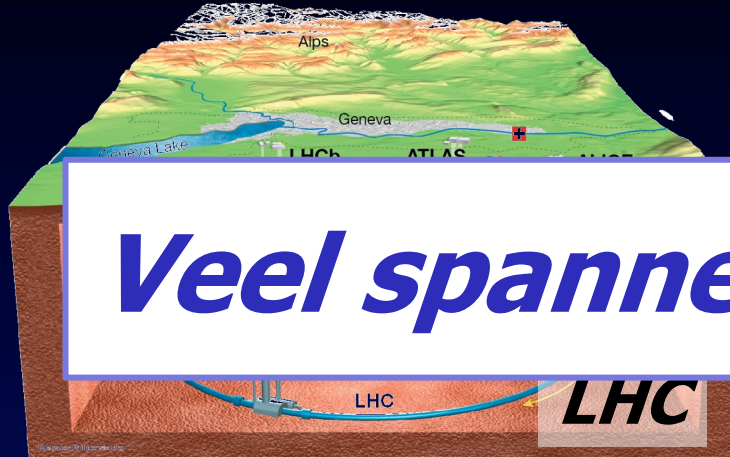


Gravitatie-detectoren: luisteren naar de Big Bang...



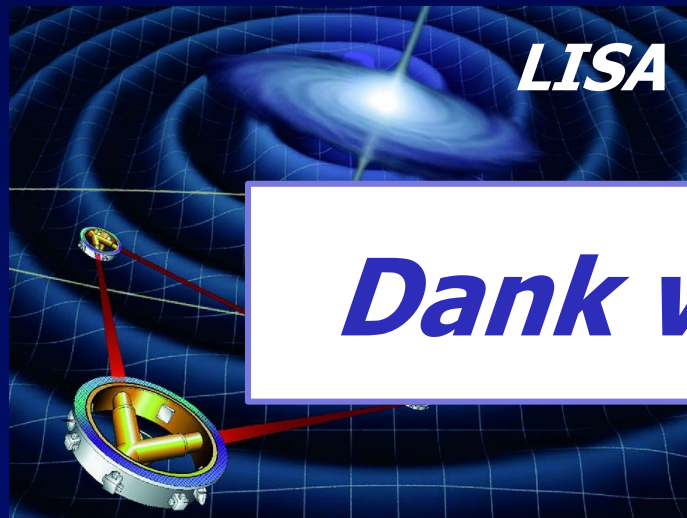
Toekomst: "Cirkels en Driehoeken"

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

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*

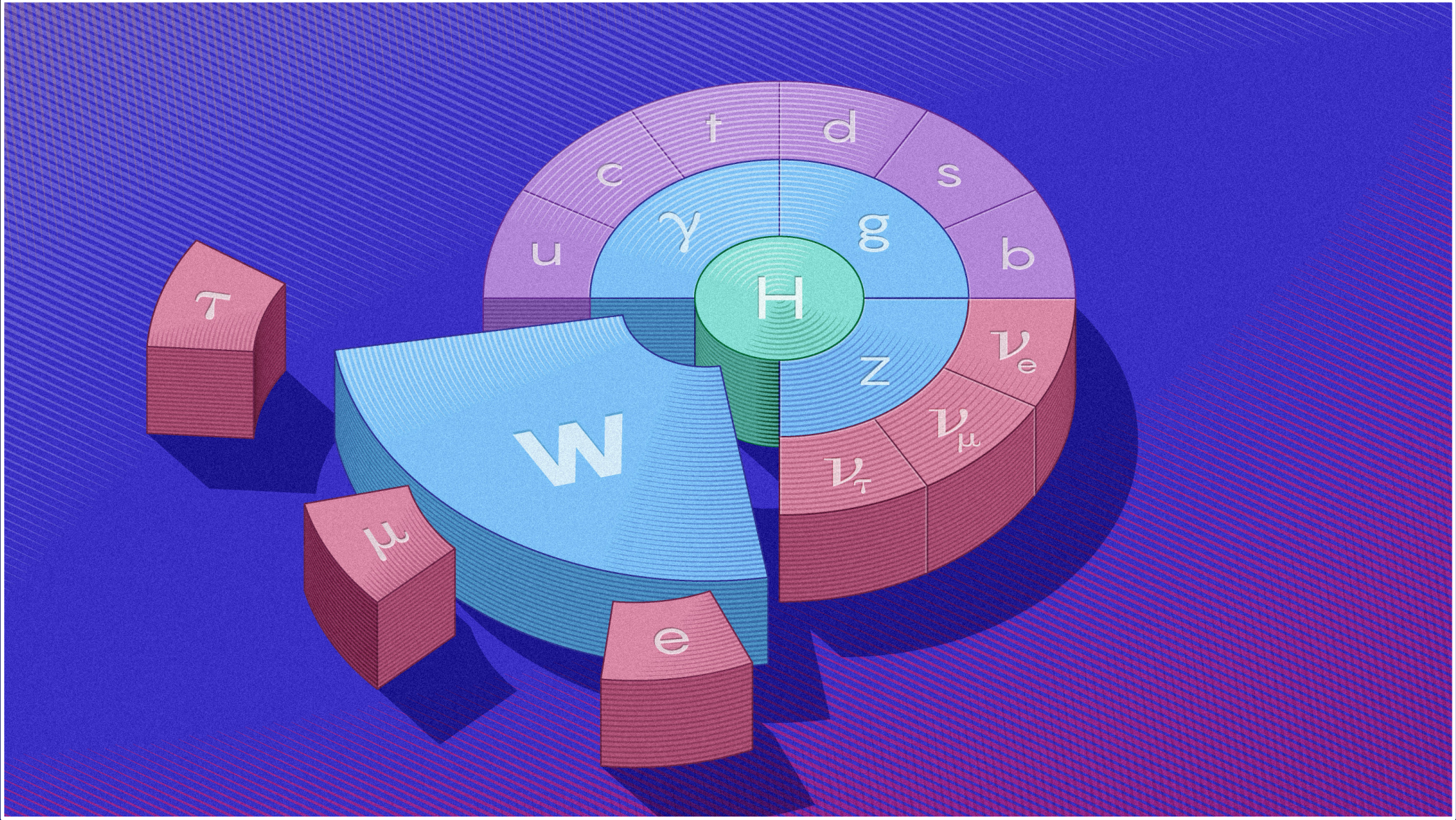
Paradiso



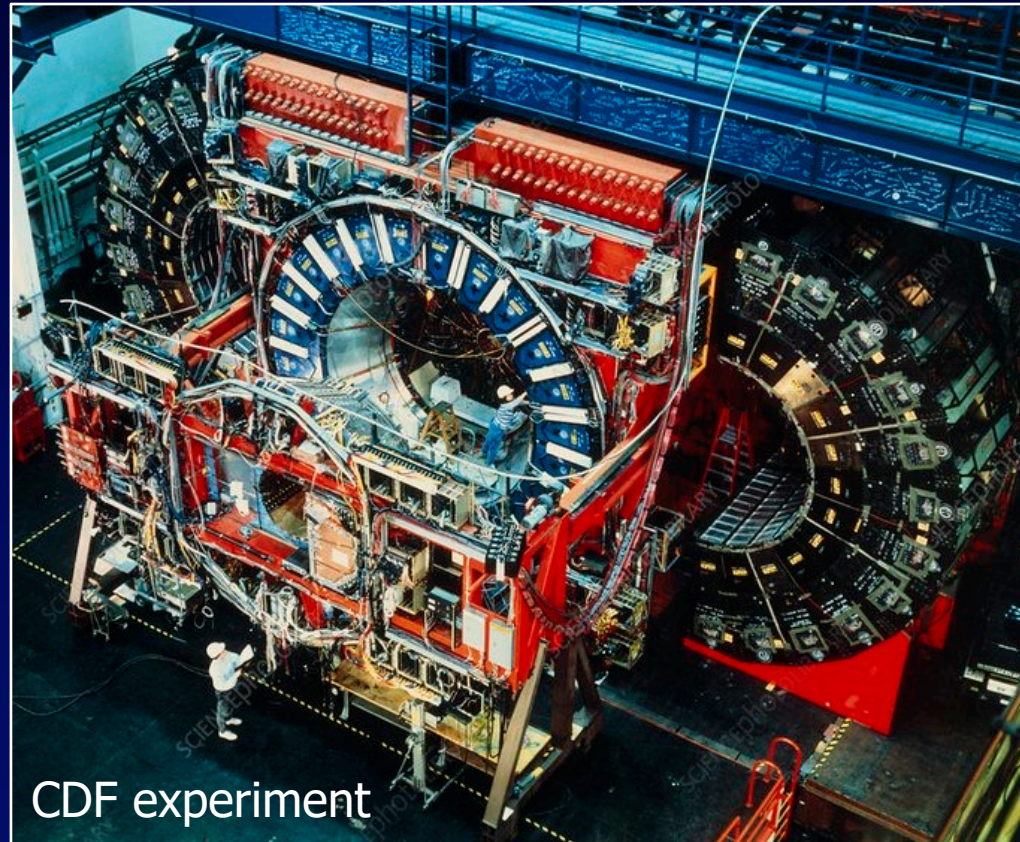
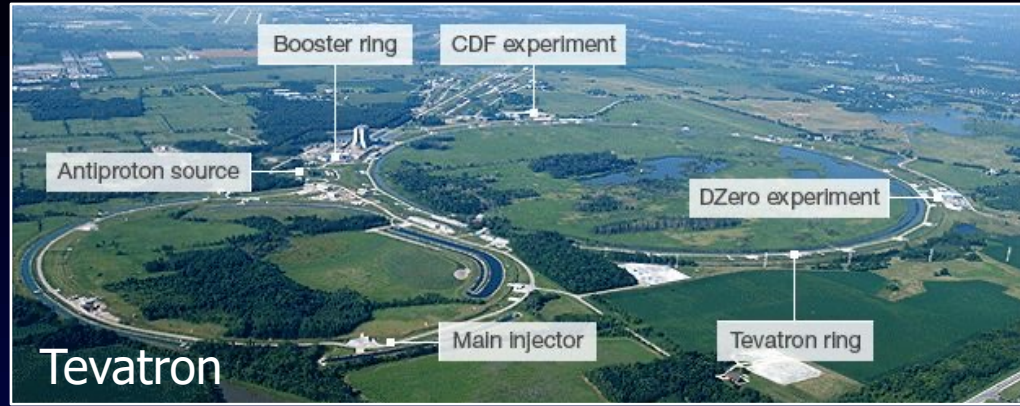
vpro

Verstegen & Stigter
culturele projecten

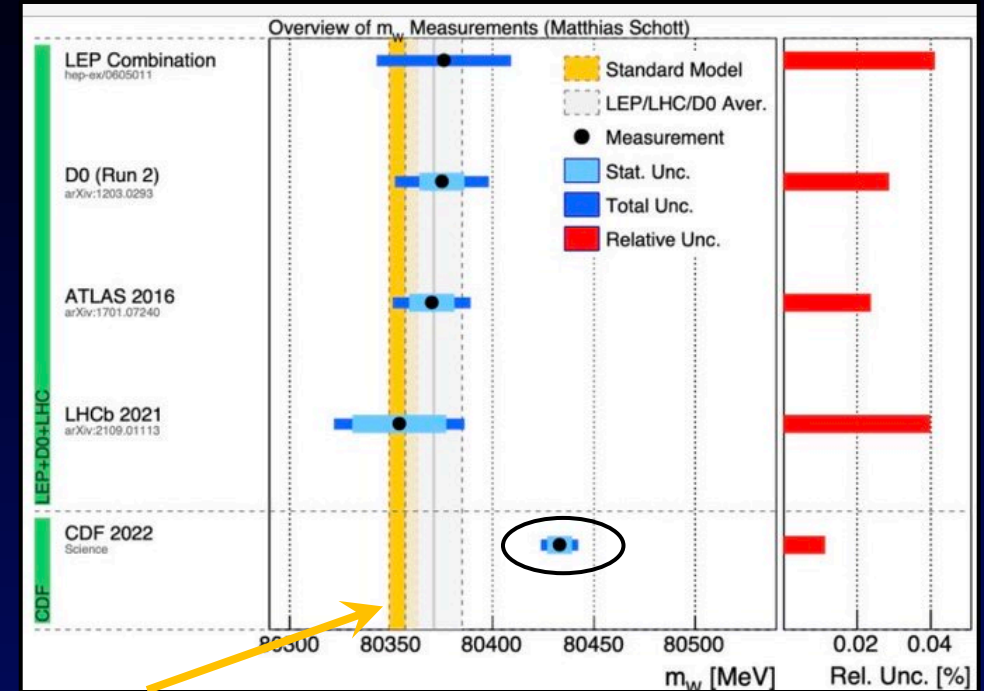
De Fermilab W-boson anomalie (April 7 2022)



De Fermilab W-boson anomalie (April 7 2022)

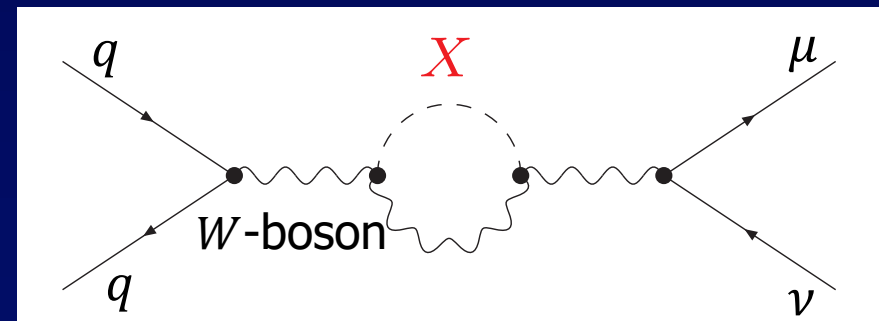


Meting van de massa van het W-boson

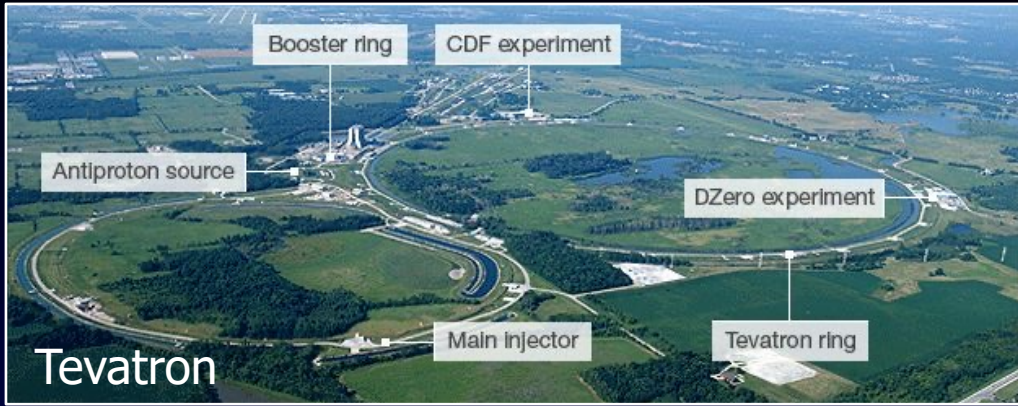


Voorspelling van het Standaardmodel

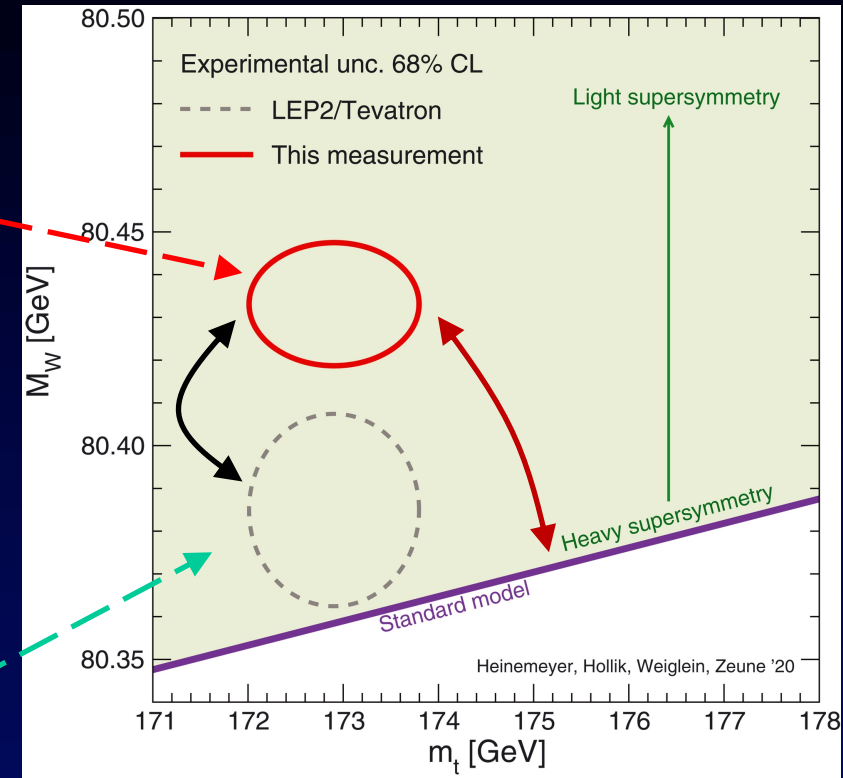
Nieuwe deeltjes "X" in quantum lus proces:



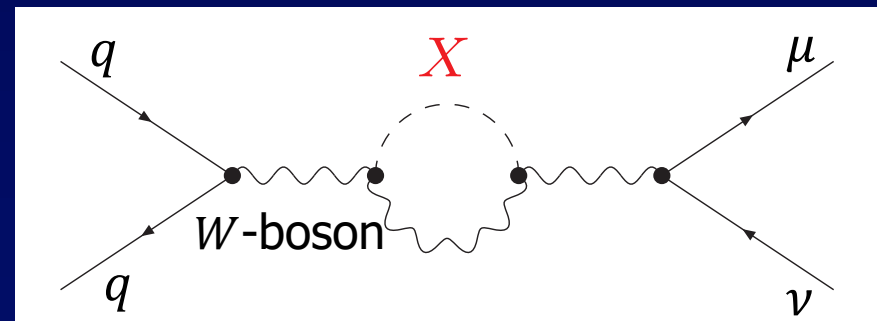
De Fermilab W-boson anomalie (April 7 2022)



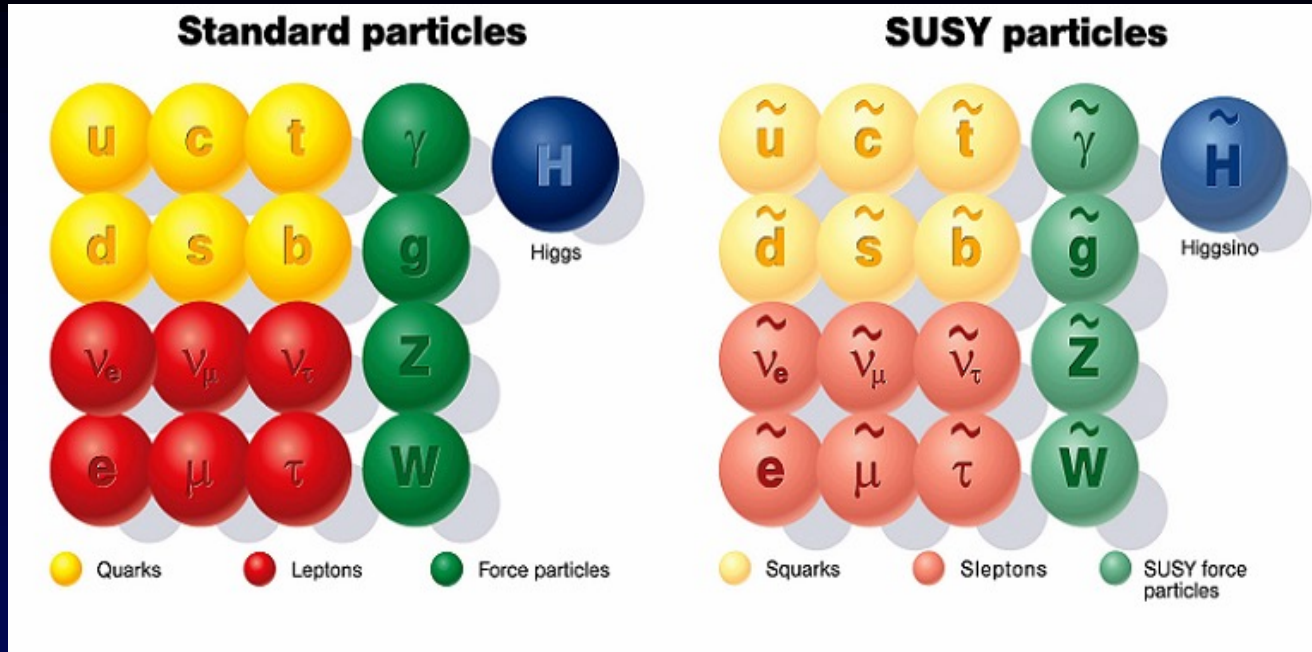
Meting van de massa van het W -boson



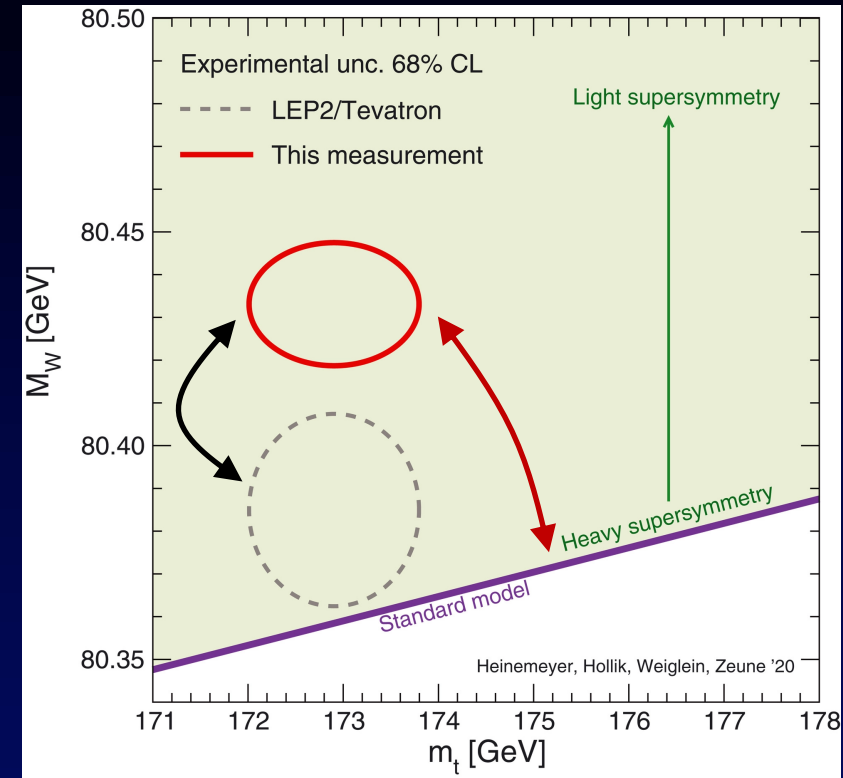
Nieuwe deeltjes "X" in quantum lus proces:



De Fermilab W-boson anomalie (April 7 2022)



Meting van de massa van het W-boson

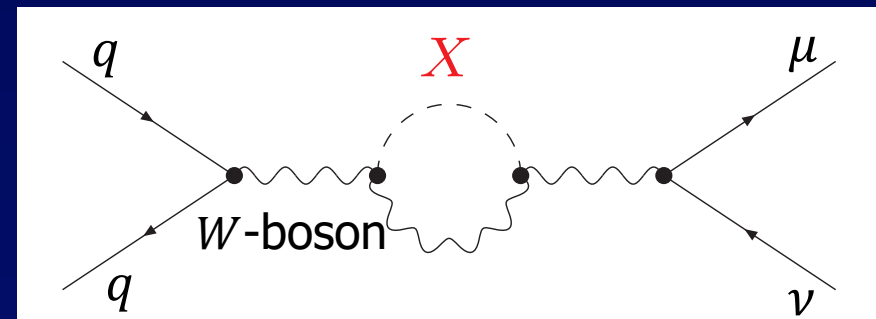


X: Supersymmetrie deeltjes?:

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



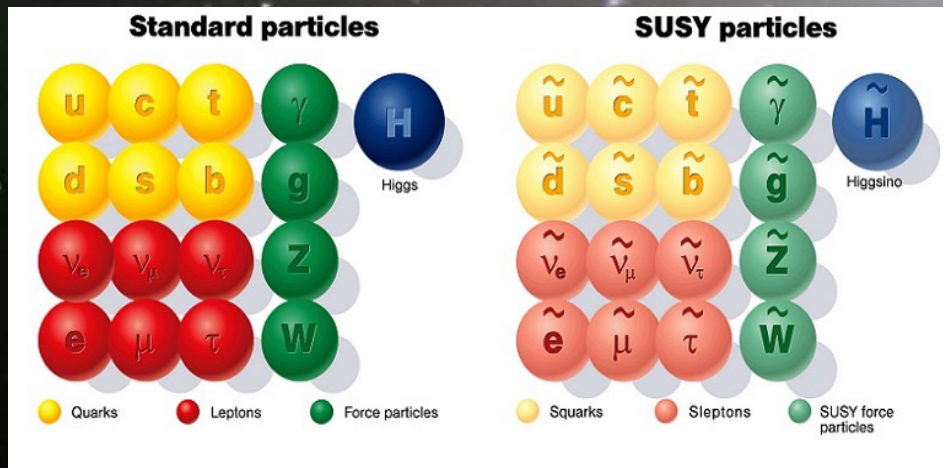
Spiraalarm rotatie en gravitationele lenzen



Donkere Materie

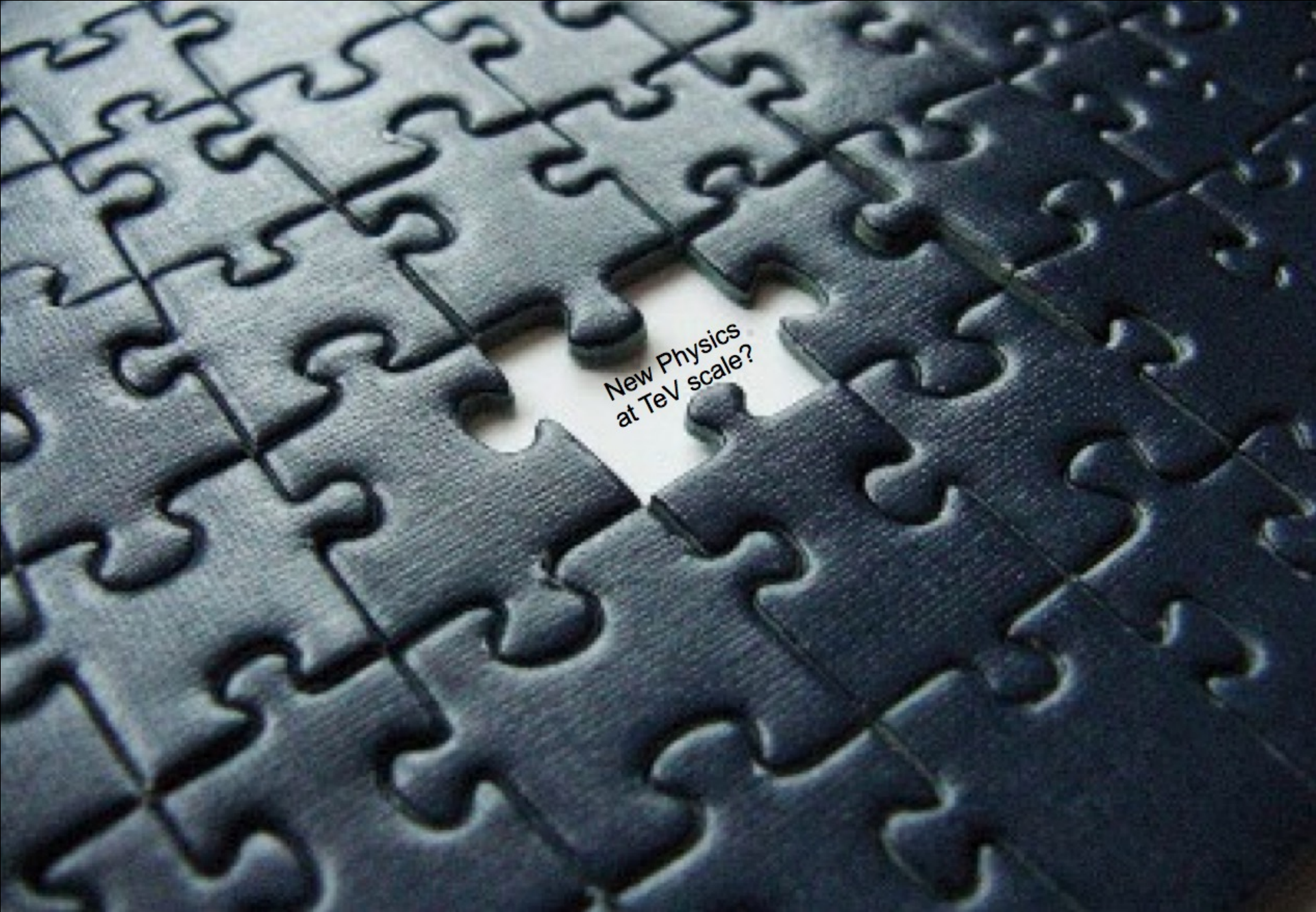
He H

donkere energie & donkere materie





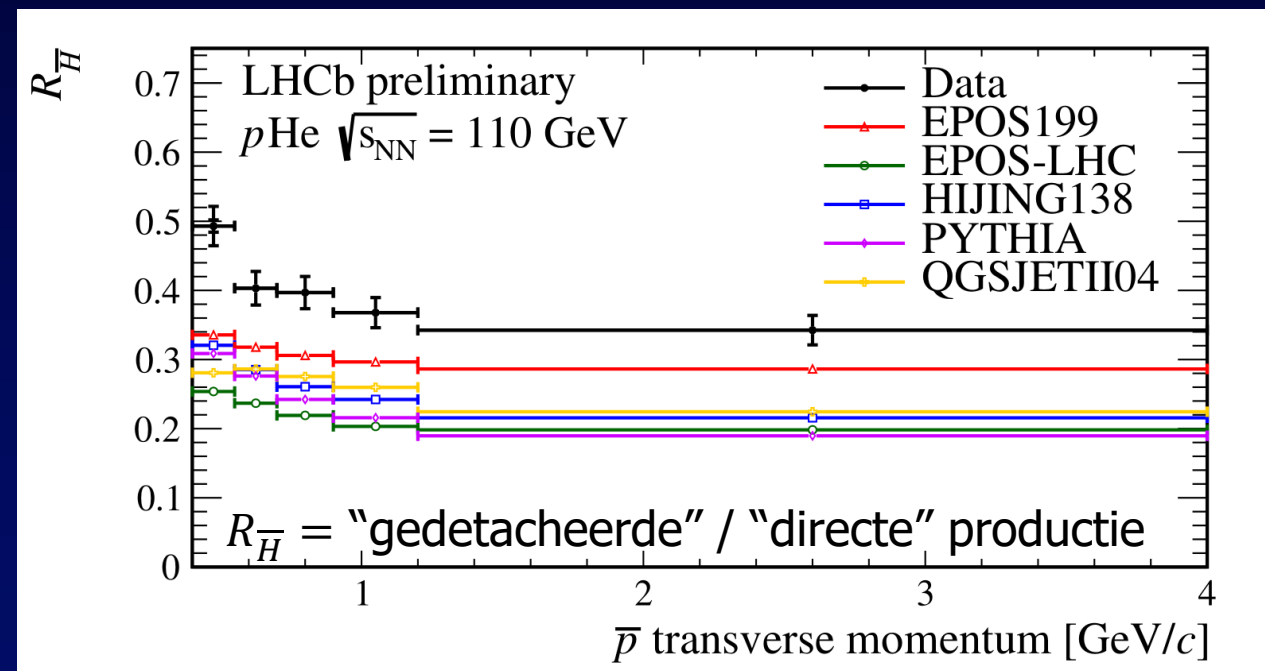
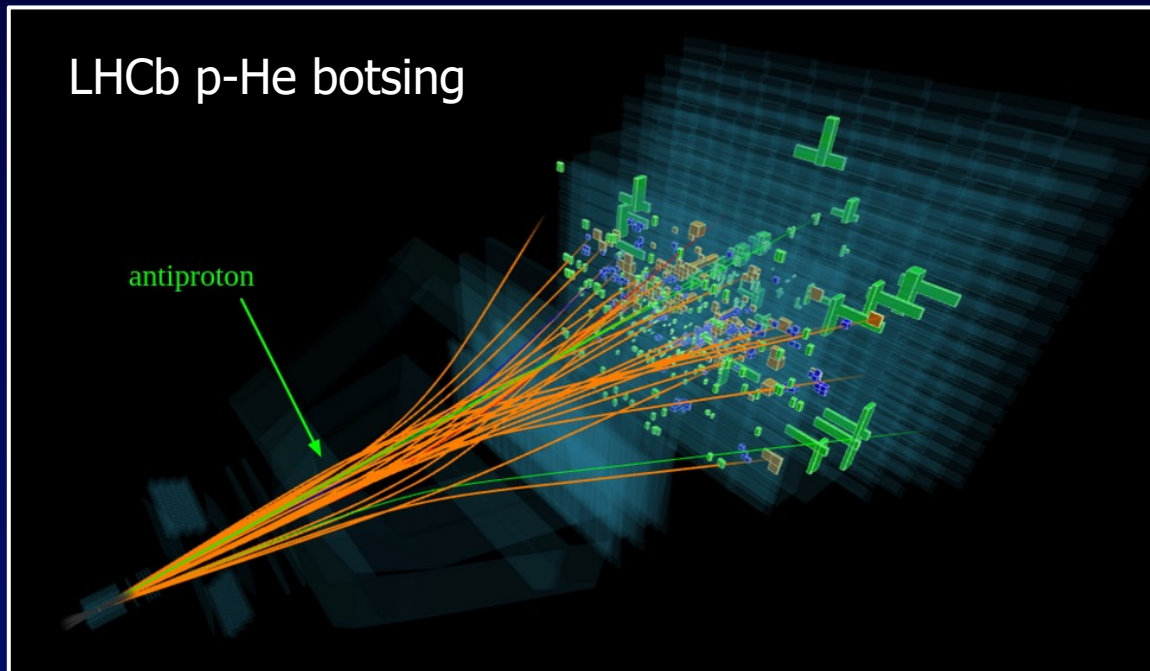
“The Dark Side rules the Universe”



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

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