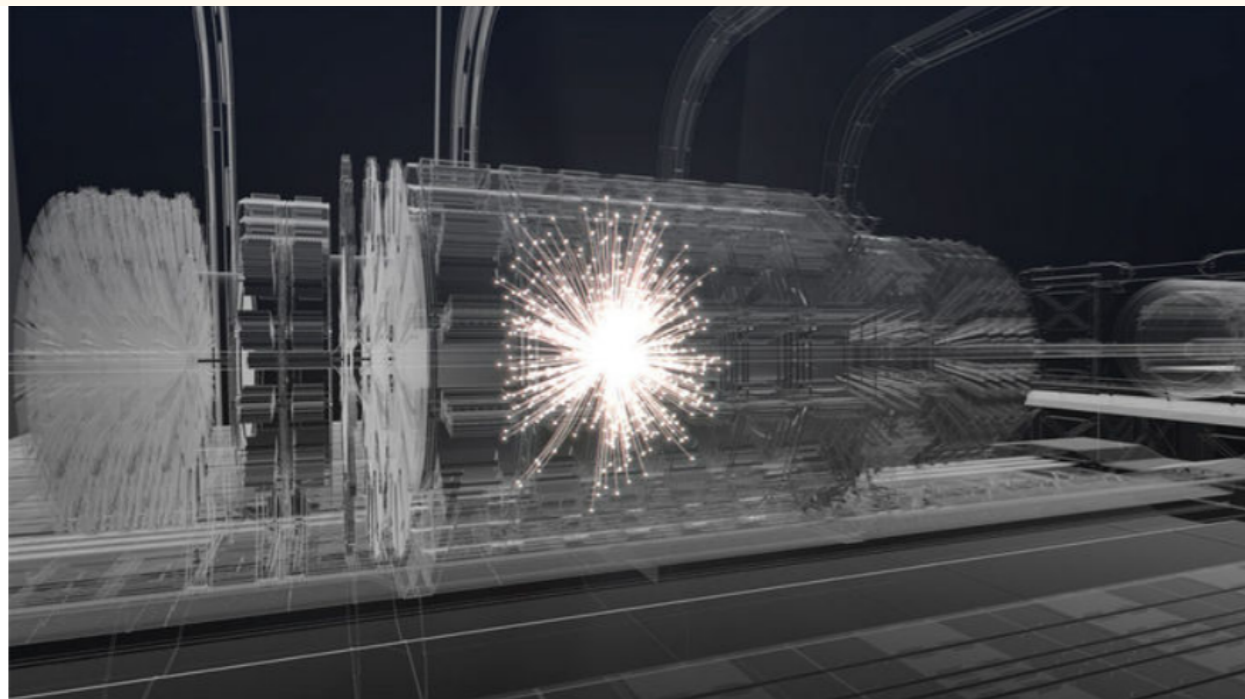


(Physics) Life has just begun

Philine van Vliet, BSc.

08-02-2019



An artist's impression of a particle collision in CERN's future collider CERN

European physicists unveil plans for a particle collider that would be longer than the Panama Canal

By Adrian Cho | Jan. 15, 2019, 4:55 PM

European particle physicists today released a **conceptual design for a successor to the world's biggest atom smasher**, the 27-kilometer-long Large Hadron Collider (LHC), which straddles the border between Switzerland and France. The report calls for an even bigger accelerator, that would be 100 kilometers in circumference, to study in detail the Higgs boson, **the weird new particle that the LHC discovered to great fanfare in 2012**. The new machine, known for the moment as the

Technici aan het werk in de deeltjesversneller LHC. De LHC heeft een omtrek van 27 kilometer.

NATUURKUNDE

Deeltjesversneller van de toekomst

Deeltjesversneller LHC loopt tegen de grenzen van de fysica aan. In Amsterdam praatten fysici over een opvolger: de FCC.

Door onze medewerker **Darine Schenk**

AMSTERDAM. De onderzoekers achter het grootste wetenschappelijke experiment ter wereld willen een nog grotere machine.

De Large Hadron Collider (LHC) bij de Europese deeltjesfysicaorganisatie CERN in Genève is op dit moment de grootste deeltjesversneller. De LHC bestaat uit een ondergrondse ring met een omtrek van 27 kilometer waarin deeltjes versneld worden tot bijna de lichtsnelheid, waarna ze in een experiment op elkaar knallen. Hierbij ontstaan nieuwe deeltjes, zoals het in 2012 ontdekte higgsdeeltje.

Maar over ruim 25 jaar bereikt de machine haar technische limiet: het aantal botsingen per seconde en de snelheid van de deeltjes kunnen dan niet verder opgevoerd worden. De honger van de natuurkundigen is echter nog niet gestild. Er zijn vragen die de LHC waarschijnlijk niet kan beantwoorden, zoals wat is donkere materie, de massa die licht te missen in het universum? En waarom is er zoveel meer materie dan antimaterie?

Deeltjesbotsingen met nog meer energie dan die van de LHC kunnen die vragen misschien beantwoorden. Daarvoor is er een nieuwe, grotere versneller nodig.

Over die toekomstige machine, de Future Circular Collider (FCC) ging het afgelopen week tijdens de FCC-week in de Beurs van Berlage in Amsterdam. Tijdens de conferentie hebben vijf van de honderden deeltjesfysici zich even afgezonderd om met mij te praten.

Grotere en rechte versnellers

„Dit is de laatste conferentie in een serie van vijf”, vertelt hoogleraar Bob van Eijk van de Universiteit Twente en onderzoeksinstituut Nikhef. „Hierna moet een rapport geschreven worden. We hebben het nu al over de versneller die we over dertig jaar willen omdat de voorbereidingstijd en bouwtijd lang zijn.”

De FCC moet een cirkelvormige versneller worden met een omtrek van ongeveer 100 kilometer, en dus een doosnee van bijna 32 kilometer. De machine zou rond 2040 klaar moeten zijn. De kosten zijn nog niet nauwkeurig te bepalen. Waarschijnlijk kost het project bij elkaar 10 à 20 miljard euro. Ter vergelijking: de rekening voor de LHC-apparatuur bedroeg 7 miljard euro.

Net als in de LHC zullen de deeltjes in hun baan gehouden worden door sterke magneetvelden. Snel wisselende elektrische velden geven ze telkens een duwtje, waardoor ze steeds sneller rondzoeken. Op volle snelheid leggen de deeltjes de 100 kilometer af in 0,0001 seconde. De energie van de botsingen in de FCC zal tot tien keer hoger zijn dan die in de LHC.

„We willen meteen een grote sprong vooruit maken”, zegt Lucie Lüssens van CERN. „Anders is het de moeite niet.”

De FCC is niet de enige optie waar in de Beurs van Berlage over gesproken werd. Naast ronde versnellers willen natuurkundigen ook nieuwe, rechte (lineaire) versnellers bouwen.

De Compact Linear Collider (CLIC) is de Europese lineaire kandidaat die bij CERN gebouwd kan worden. CLIC kan elektronen en anti-elektronen (positronen) versnellen in rechte tunnels. De deeltjes botsen halverwege.

En ander ontwerp is de International Linear Collider (ILC), die in Japan gebouwd kan worden. „De ILC is de meest realistische machine”, zegt Gerhard Raven, hoogleraar aan de Vrije Universiteit Amsterdam en eveneens werkzaam bij het Nikhef, die zelf betrokken is bij de ILC. „We weten dat we de ondoelsten daarvan kunnen maken, die technische kennis is er. Als we het geld hebben, kunnen we de ILC nu bouwen.” Het wachten is op Japan, dat dit jaar beslist of het de ILC gaat overnemen.

„We hopen dat Japan snel een beslissing neemt”, zegt Lüssens, die werkt aan het ontwerp van de CLIC. „Als Japan de ILC bouwt, is de kans klein dat de CLIC een optie voor Europa blijft.”

Welke versneller het ook wordt, het zal in elk geval een higgfabriek worden. De ontdekking van dit deeltje in 2012 was de eerste stap om het higgsdeeltje echt te begrijpen. Daarvoor zijn meer en preciezer metingen nodig dan haalbaar zijn in de LHC.

Higgsdeeltjes en een doorbraak

„We weten nu alleen dat er een higgsdeeltje is, maar we begrijpen nog niet waarom het eruitziet zoals het eruitziet”, zegt Raven. „Het is alsof we de graven op het water gezien hebben, maar we weten nog niet wat zich onder het oppervlak bevindt.”

Maar dat is niet de enige reden dat de deeltjesfysici een grote versneller willen. „En we bouwen de versneller ook niet omdat we grote magneten zo leuk vinden”, zegt Forys Blekman, hoogleraar aan de Vrije Universiteit Brussel. „We hebben goede natuurkundige argumenten. We weten dat het standaardmodel bij hoge energie niet meer werkt, de vraag is alleen bij welke energie het breekt.”

Het standaardmodel is de huidige theorie die het bestaan en het gedrag van alle bekende elementaire deeltjes beschrijft. Het laatste ontbrekende puzzelstukje van dit model, het higgsdeeltje, werd zes jaar geleden gevonden. Maar dat betekent niet dat deeltjesfysici nu klaar zijn. „Het standaardmodel voorspelt goed wat we gezien hebben in de LHC, maar het verklaart niet waarom we dat zien”, vertelt Blekman.

„We willen de FCC bouwen omdat we de denken dat er een doorbraak moet gaan komen”, zegt Tristan du Pree van het Nikhef. „Als ik dat gevoel niet zou hebben, zou ik niet meer naar mijn werk gaan.”

Niet iedereen denkt er zo over. De theoretische fysicus Sabine Hossenfelder schreef begin deze maand in haar blog over een volgende, grotere versneller: „Er is geen enkele reden om te denken dat we binnenkort iets nieuws zullen ontdekken.” Toch is ook zij voorstander van het bouwen van een nieuwe versneller, „gewoon om te zien wat er gebeurt.”

En dat is eigenlijk waar iedereen op de conferentie of hoopt, iets nieuws en onverwacht. „Maar er zijn geen garanties”, zegt Du Pree. „Voorspellen is heel moeilijk, vooral als het de toekomst betreft.”

Waarschijnlijk kost de FCC alles bij elkaar 10 à 20 miljard euro

kan elektronen en anti-elektronen (positronen) versnellen in rechte tunnels. De deeltjes botsen halverwege.

En ander ontwerp is de International Linear Collider (ILC), die in Japan gebouwd kan worden. „De ILC is de meest realistische machine”, zegt Gerhard Raven, hoogleraar aan de Vrije Universiteit Amsterdam en eveneens werkzaam bij het Nikhef, die zelf betrokken is bij de ILC. „We weten dat we de ondoelsten daarvan kunnen maken, die technische kennis is er. Als we het geld hebben, kunnen we de ILC nu bouwen.” Het wachten is op Japan, dat dit jaar beslist of het de ILC gaat overnemen.

„We hopen dat Japan snel een beslissing neemt”, zegt Lüssens, die werkt aan het ontwerp van de CLIC. „Als Japan de ILC bouwt, is de kans klein dat de CLIC een optie voor Europa blijft.”

Welke versneller het ook wordt, het zal in elk geval een higgfabriek worden. De ontdekking van dit deeltje in 2012 was de eerste stap om het higgsdeeltje echt te begrijpen. Daarvoor zijn meer en preciezer metingen nodig dan haalbaar zijn in de LHC.

Higgsdeeltjes en een doorbraak

„We weten nu alleen dat er een higgsdeeltje is, maar we begrijpen nog niet waarom het eruitziet zoals het eruitziet”, zegt Raven. „Het is alsof we de graven op het water gezien hebben, maar we weten nog niet wat zich onder het oppervlak bevindt.”

Maar dat is niet de enige reden dat de deeltjesfysici een grote versneller willen. „En we bouwen de versneller ook niet omdat we grote magneten zo leuk vinden”, zegt Forys Blekman, hoogleraar aan de Vrije Universiteit Brussel. „We hebben goede natuurkundige argumenten. We weten dat het standaardmodel bij hoge energie niet meer werkt, de vraag is alleen bij welke energie het breekt.”

Het standaardmodel is de huidige theorie die het bestaan en het gedrag van alle bekende elementaire deeltjes beschrijft. Het laatste ontbrekende puzzelstukje van dit model, het higgsdeeltje, werd zes jaar geleden gevonden. Maar dat betekent niet dat deeltjesfysici nu klaar zijn. „Het standaardmodel voorspelt goed wat we gezien hebben in de LHC, maar het verklaart niet waarom we dat zien”, vertelt Blekman.

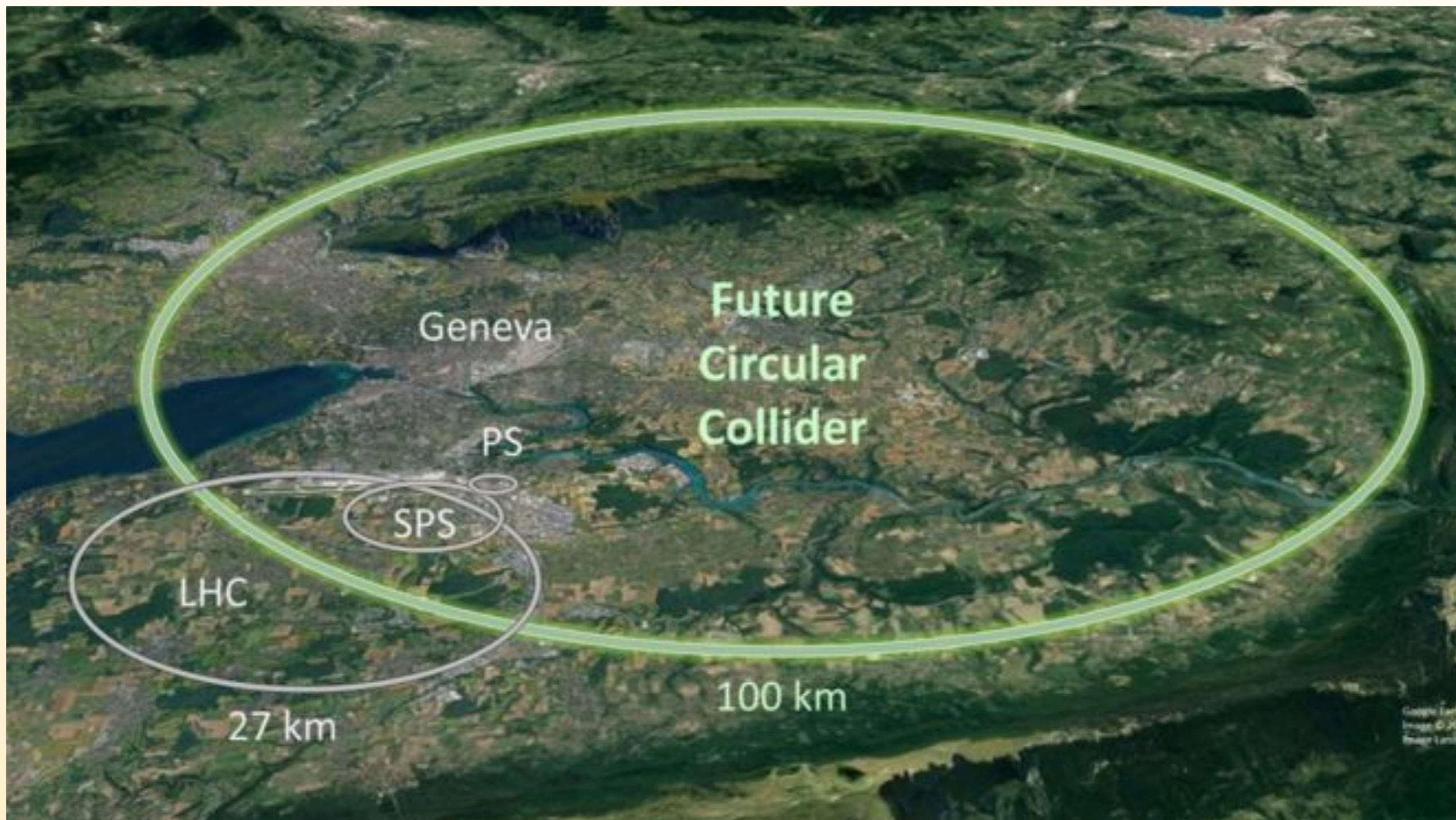
„We willen de FCC bouwen omdat we de denken dat er een doorbraak moet gaan komen”, zegt Tristan du Pree van het Nikhef. „Als ik dat gevoel niet zou hebben, zou ik niet meer naar mijn werk gaan.”

Niet iedereen denkt er zo over. De theoretische fysicus Sabine Hossenfelder schreef begin deze maand in haar blog over een volgende, grotere versneller: „Er is geen enkele reden om te denken dat we binnenkort iets nieuws zullen ontdekken.” Toch is ook zij voorstander van het bouwen van een nieuwe versneller, „gewoon om te zien wat er gebeurt.”

En dat is eigenlijk waar iedereen op de conferentie of hoopt, iets nieuws en onverwacht. „Maar er zijn geen garanties”, zegt Du Pree. „Voorspellen is heel moeilijk, vooral als het de toekomst betreft.”

Toekomstige versneller heeft 100 kilometer omtrek

Supercolide gepland op provincie Utrecht



Content of the talk

- Bachelor
- CERN Summer School
- Master Thesis: CP Violation and BSM physics
- Outreach

Bachelor

- Always liked particle physics
- Went to CERN a couple of times
- And finally did a summer school at CERN!



CERN Summer School



CERN Summer School

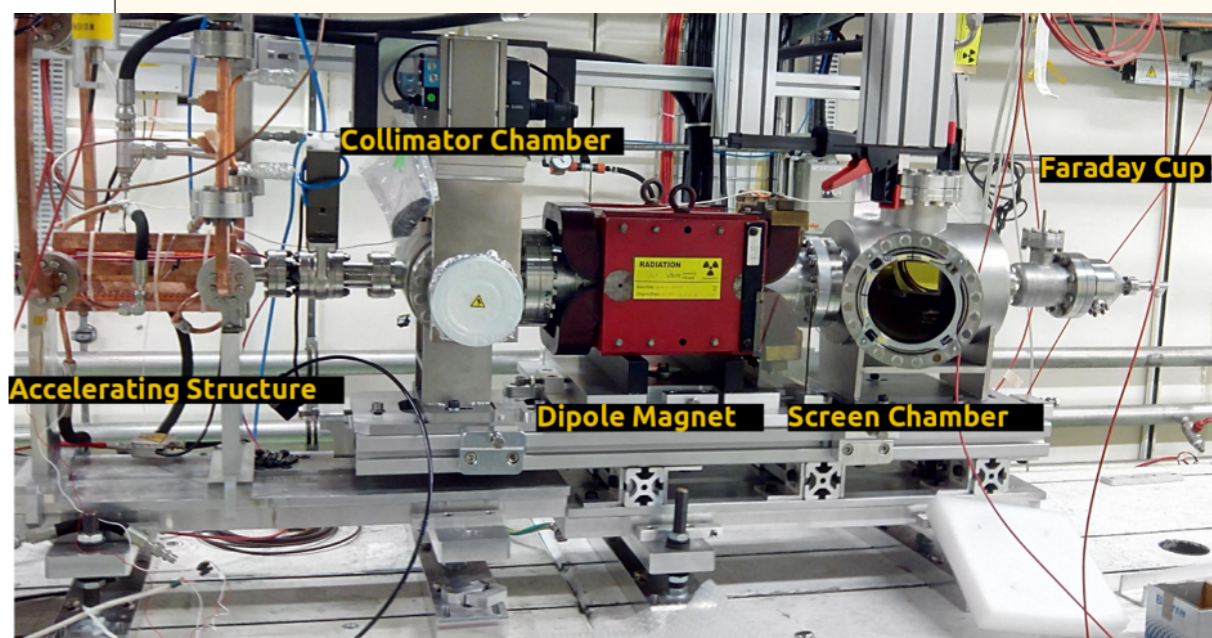


Exploring the Physics Limitations of Compact High Gradient Accelerating Structures

Simulations of the electron current spectrometer setup in GEANT4

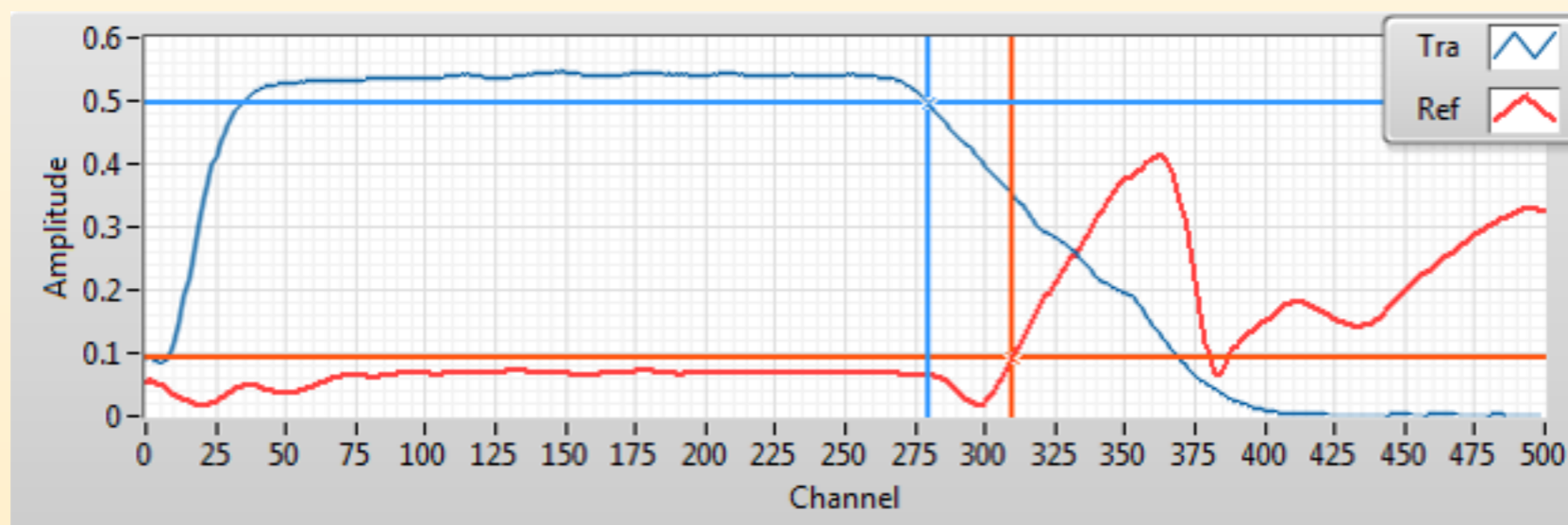


Source: <http://clic-study.web.cern.ch/>

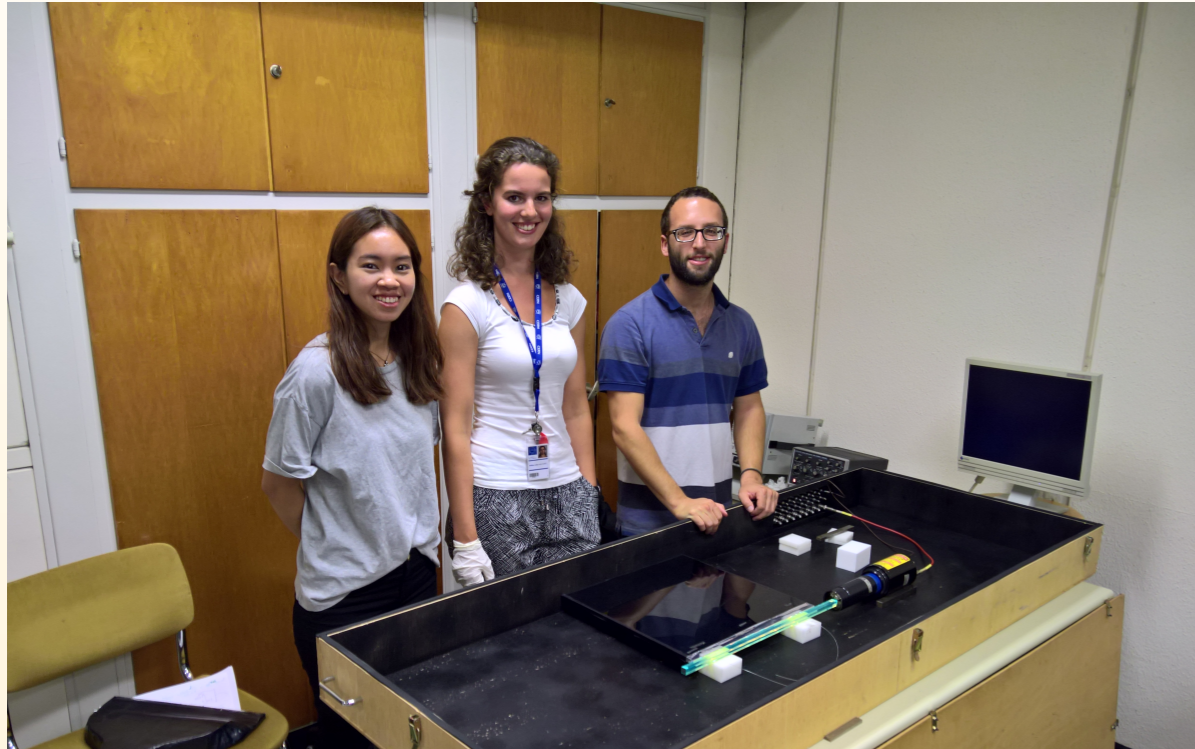


8-8-2017

Philine van Vliet – University of Amsterdam



CERN Summer School



CERN Summer School

SUMMER AT CERN



What my supervisor thinks I do



What the lecturer thinks I do



What my friends think I do



What my mom thinks I do



What I think I do



What I really do

Master Thesis

CP Violation in heavy B meson
decays as a probe of Beyond the
Standard Model Physics

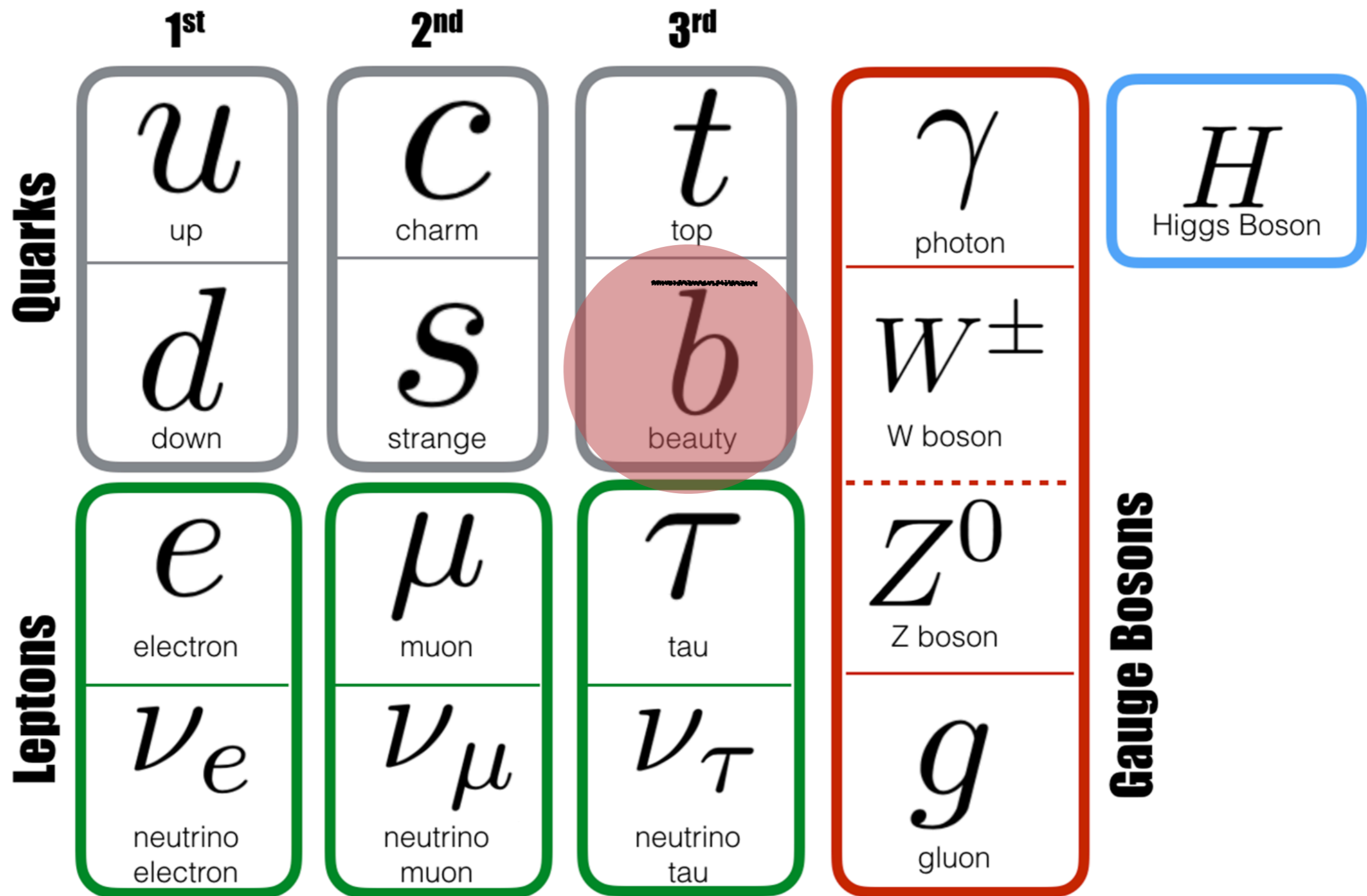
Master Thesis

CP Violation in **heavy B meson**
decays as a probe of Beyond the
Standard Model Physics

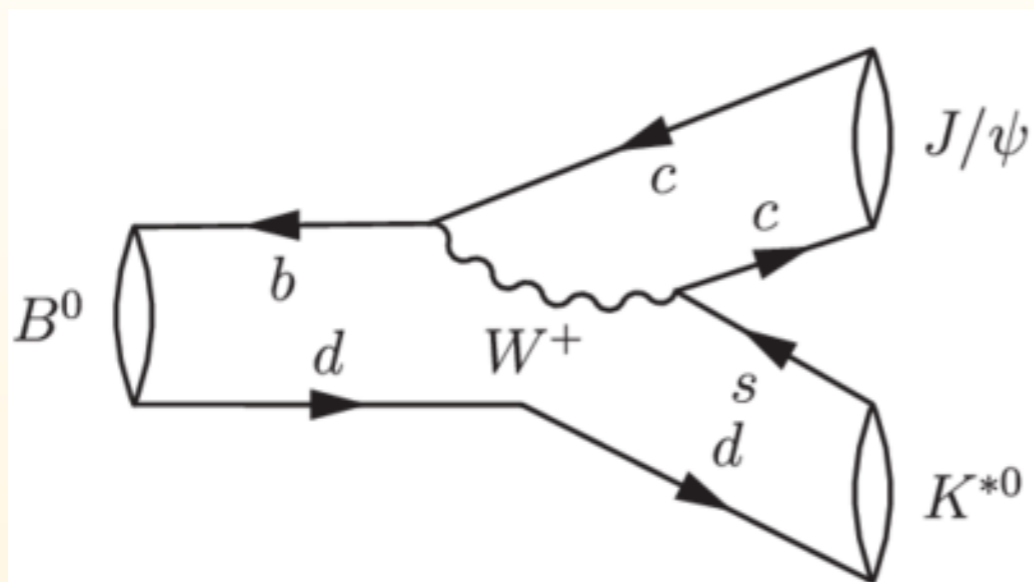
Master Thesis

	1 st	2 nd	3 rd			
Quarks	u up	C charm	t top	γ photon	H Higgs Boson	
	d down	S strange	b beauty			W^{\pm} W boson
	e electron	μ muon	τ tau			Z^0 Z boson
Leptons	ν_e neutrino electron	ν_{μ} neutrino muon	ν_{τ} neutrino tau	g gluon	Gauge Bosons	

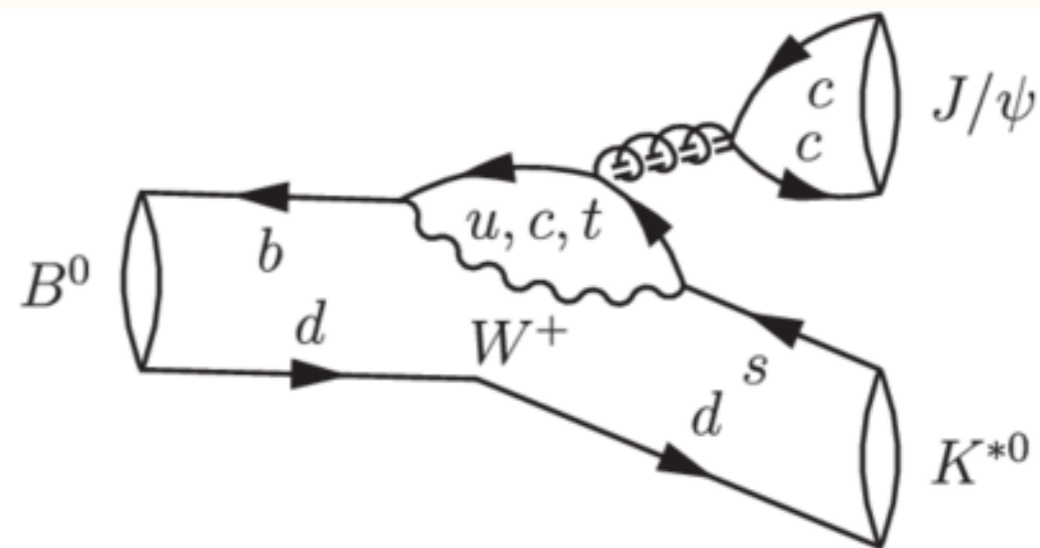
Master Thesis



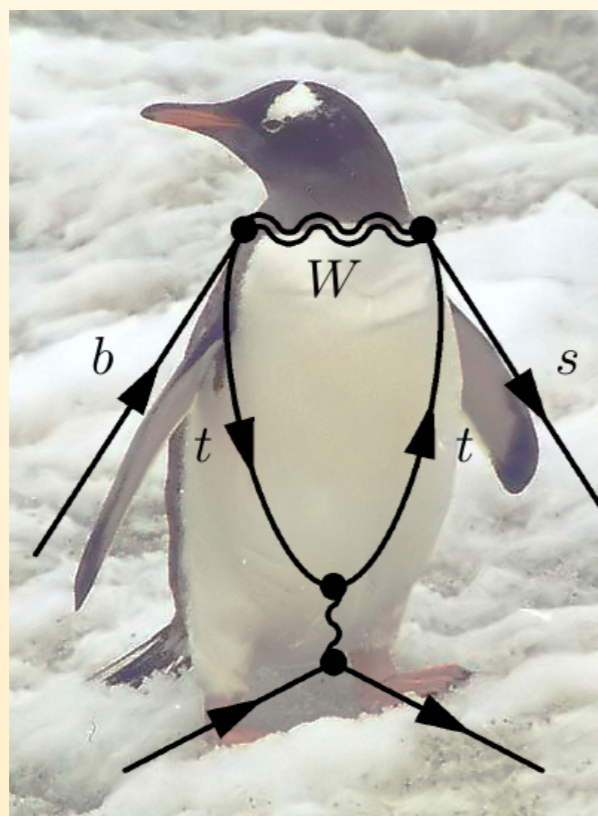
Master Thesis



(a) Tree



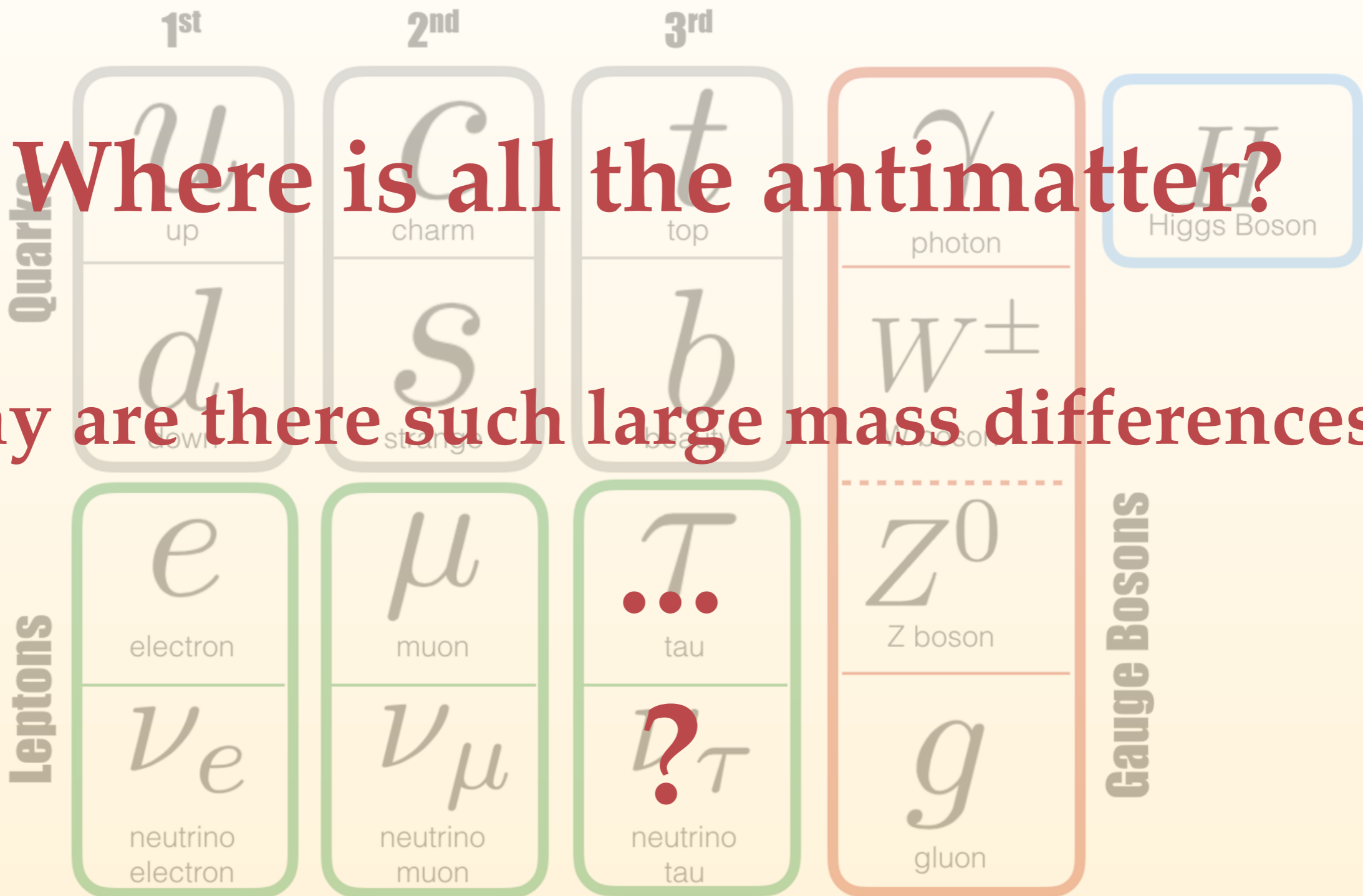
(b) Penguin



Master Thesis

	1 st	2 nd	3 rd			
Quarks	u up	C charm	t top	γ photon	H Higgs Boson	
	d down	S strange	b beauty			W^{\pm} W boson
	e electron	μ muon	τ tau			Z^0 Z boson
Leptons	ν_e neutrino electron	ν_{μ} neutrino muon	ν_{τ} neutrino tau	g gluon	Gauge Bosons	

Master Thesis



Where is all the antimatter?

Why are there such large mass differences?

Master Thesis

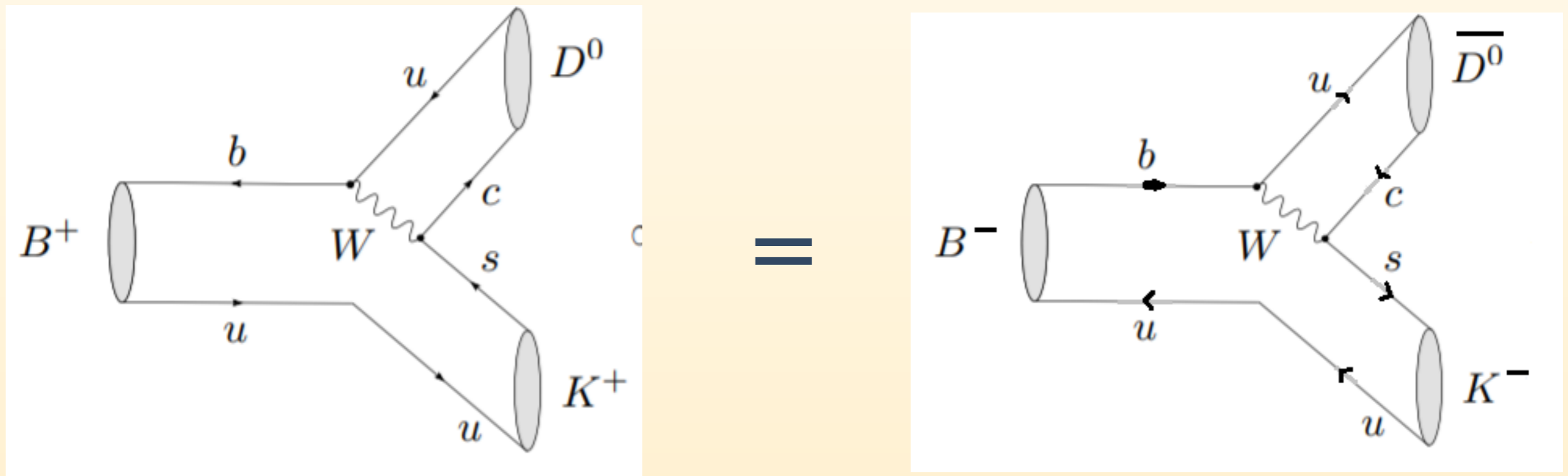
CP Violation in heavy B meson
systems as a probe of **Beyond the
Standard Model Physics**

Master Thesis

CP Violation in heavy B meson systems as a probe of Beyond the Standard Model Physics

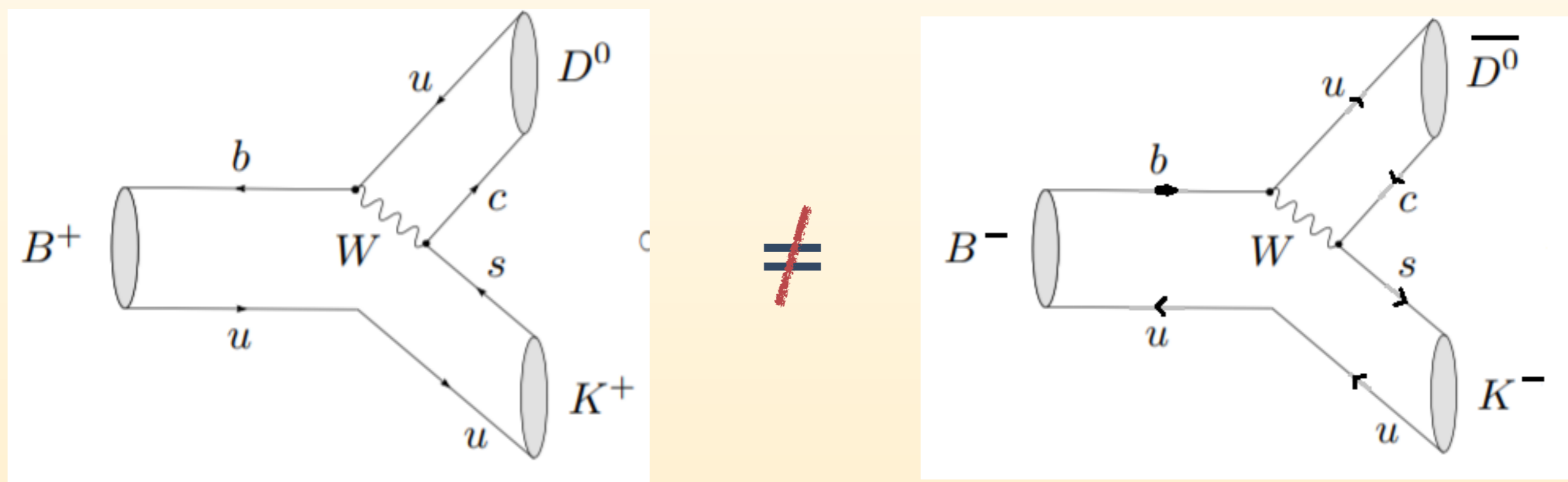
Master Thesis

CP Conservation



Master Thesis

CP Violation

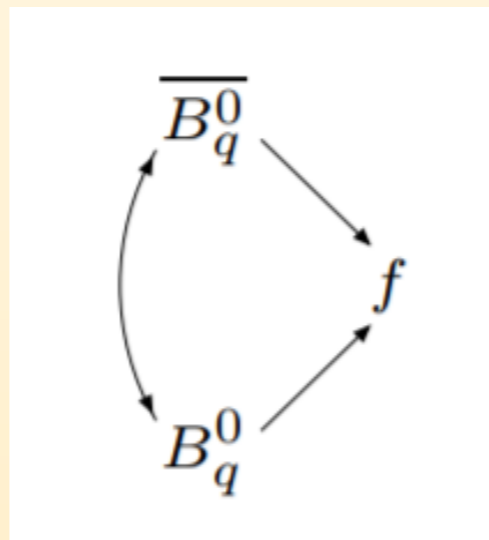


Master Thesis

Direct CP Asymmetry

$$\mathcal{A}_{\text{CP}} \equiv \frac{\Gamma(B \rightarrow f) - \Gamma(\bar{B} \rightarrow \bar{f})}{\Gamma(B \rightarrow f) + \Gamma(\bar{B} \rightarrow \bar{f})}$$

Mixing induced CP Asymmetry



NEWS • 15 JANUARY 2019

Next-generation LHC: CERN lays out plans for €21-billion supercollider

The proposed facility would be the most powerful collider ever built.

Daide Castelvecchi



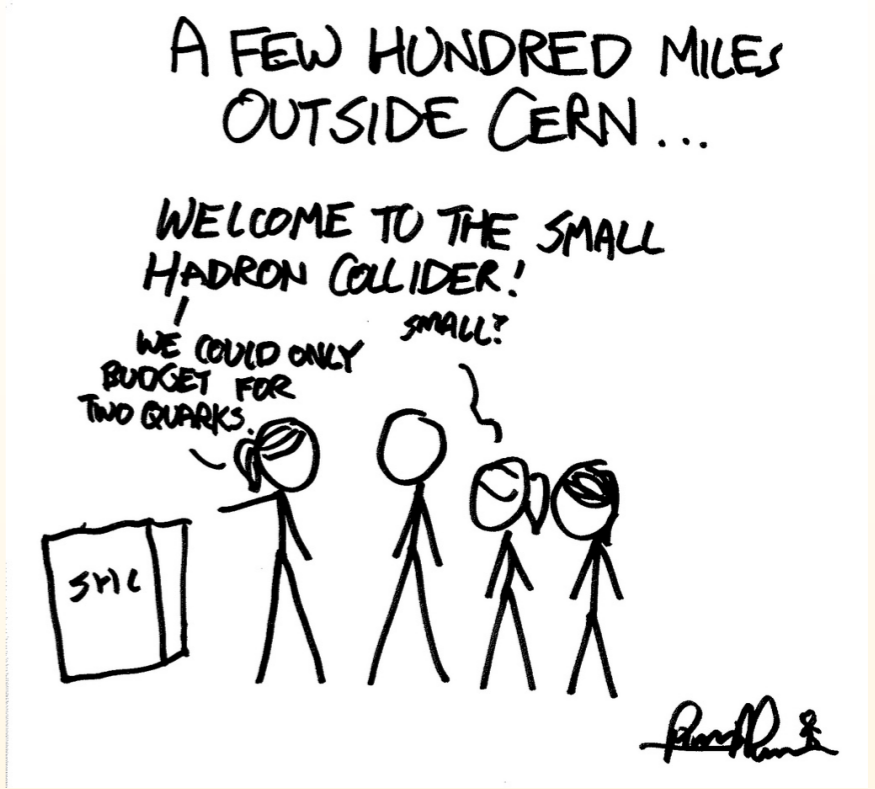
[PDF version](#)

RELATED ARTICLES

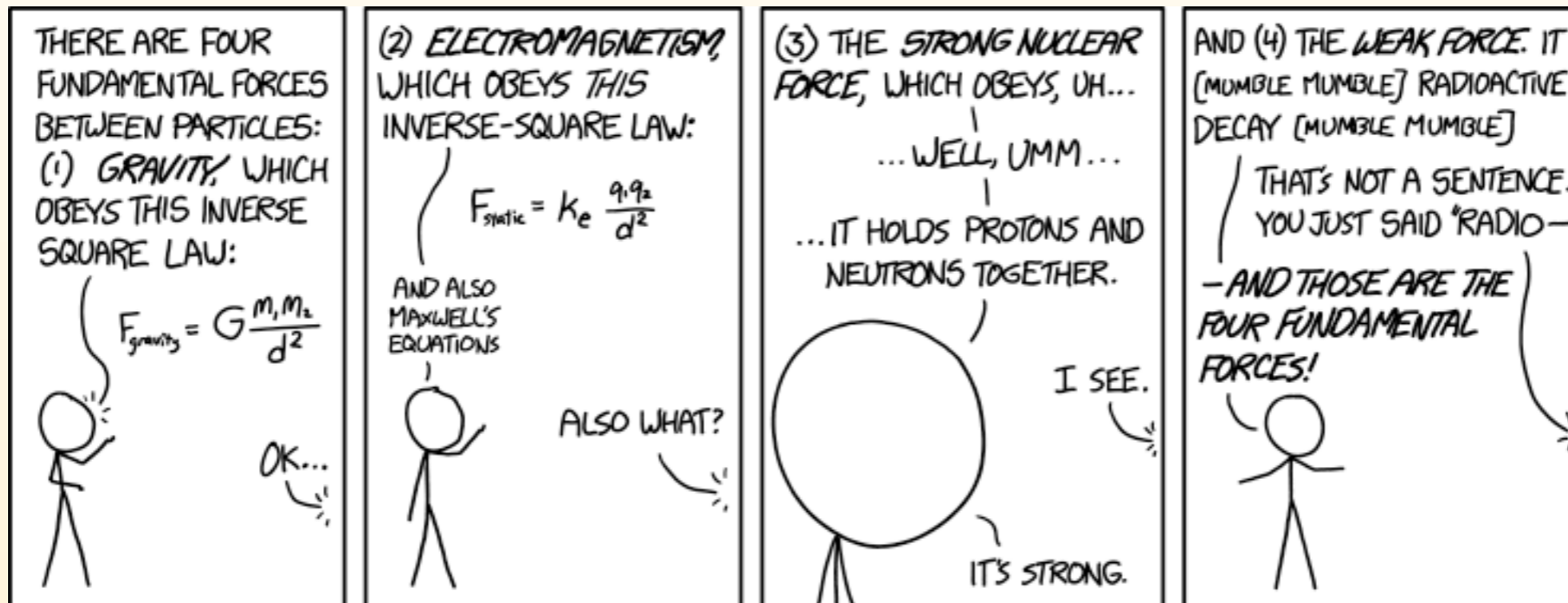
Inside the plans for collider that will

China, Japan, CEI next LHC?

Outreach



Outreach



Thank you!

More places abroad

Huawei Seeds for the Future



Erasmus exchange Bologna

