



CERN:

Avrupa Parçacık Fiziği Laboratuvarı

19. yüzyılda, kimyagerler birçok elementin atomlarını tanımladılar

Serkant Ali Çetin

Şimdi fizikçiler, atomların içinde daha da küçük parçacıklar keşfettiler

Çok şey öğrendik fakat hala cevaplanmamış birçok soru var. CERN'deki bilim adamları cevapları arıyorlar

İstanbul Bilgi Üniversitesi

Yüksek Enerji Fiziği Araştırma Merkezi Müdürü

ATLAS ve CAST Deneyleri Türkiye Temsilcisi

Evrenin!



Kuruluşu

CERN

1952

Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire
European Council for Nuclear Research
Avrupa Nükleer Araştırma Konseyi

1954

Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire
European Organization for Nuclear Research
Avrupa Nükleer Araştırma Organizasyonu

Kurucu 12 Avrupa ülkesi (1954)

Almanya, Belçika, Danimarka, Fransa, Hollanda, İngiltere, İsveç, İsviçre, İtalya, Norveç, Yugoslavya, Yunanistan

CERN'e tam üye ülke sayısı 22

Almanya, Avusturya, Belçika, Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Hollanda, İngiltere, İspanya, İsrail, İsveç, İsviçre, İtalya, Macaristan, Norveç, Polonya, Portekiz, Romanya, Slovakya, Yunanistan

CERN'e asosiyе üye ülke sayısı 8

Hindistan, Litvanya, Kıbrıs(tam üye adayı), Pakistan, Sırbistan(tam üye adayı), Slovenya(tam üye adayı) Türkiye, Ukrayna

Gözlemci olarak katılan ülke/kuruluş sayısı 6

Amerika Birleşik Devletleri, Japonya, Rusya Federasyonu + JINR, Avrupa Komisyonu, UNESCO

Bunlara ek olarak 38 ülkeyle işbirliği anlaşması ve 19 ülkeyle çeşitli bilimsel temaslar

Dünya genelinden 600'den fazla kurumdan 12.000'den fazla kayıtlı kullanıcı

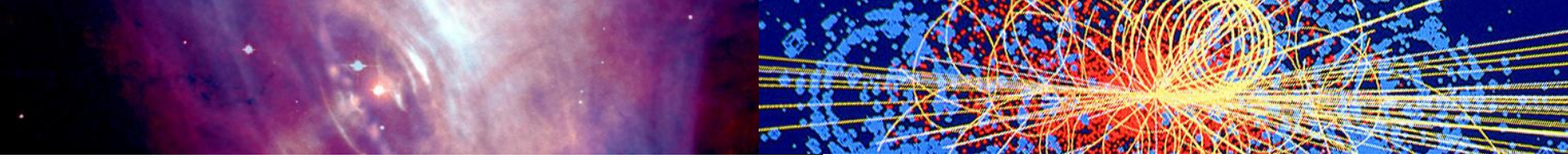


Nerede ?

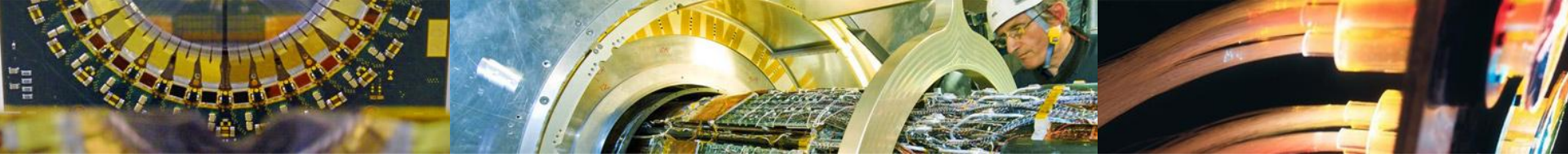




Misyonu



Araştırma / Evren hakkındaki sorulara cevaplar aramak ve bulmak



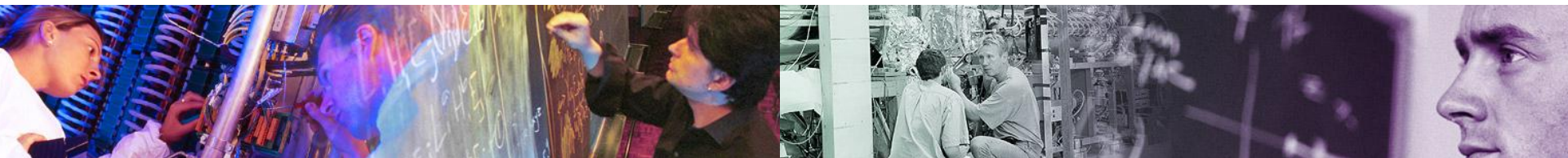
Teknoloji / Teknolojinin sınırlarını ilerletmek/zorlamak



İşbirliği / Bilim aracılığıyla ulusları biraraya getirmek



Eğitim / Yarının bilim insanlarını yetiştirmek





CERN'de yürütülen araştırmaların esas amacı **maddenin yapısını ve maddeyi bir arada tutan kuvvetleri anlamaktır.**

İnsanlığın asırlardır yürüttüğü maddenin yapısını anlamak amaçlı büyük faaliyetin modern **altyapısı parçacık hızlandırıcılarıdır.**

Parçacık hızlandırıcılarında çok yüksek enerjilere ve çarpışma sayılarına erişmek, çarpışmalardan çıkan çok sayıdaki parçacığı algılayabilmek için **mevcut teknolojinin sınırları zorlanmaktadır.**

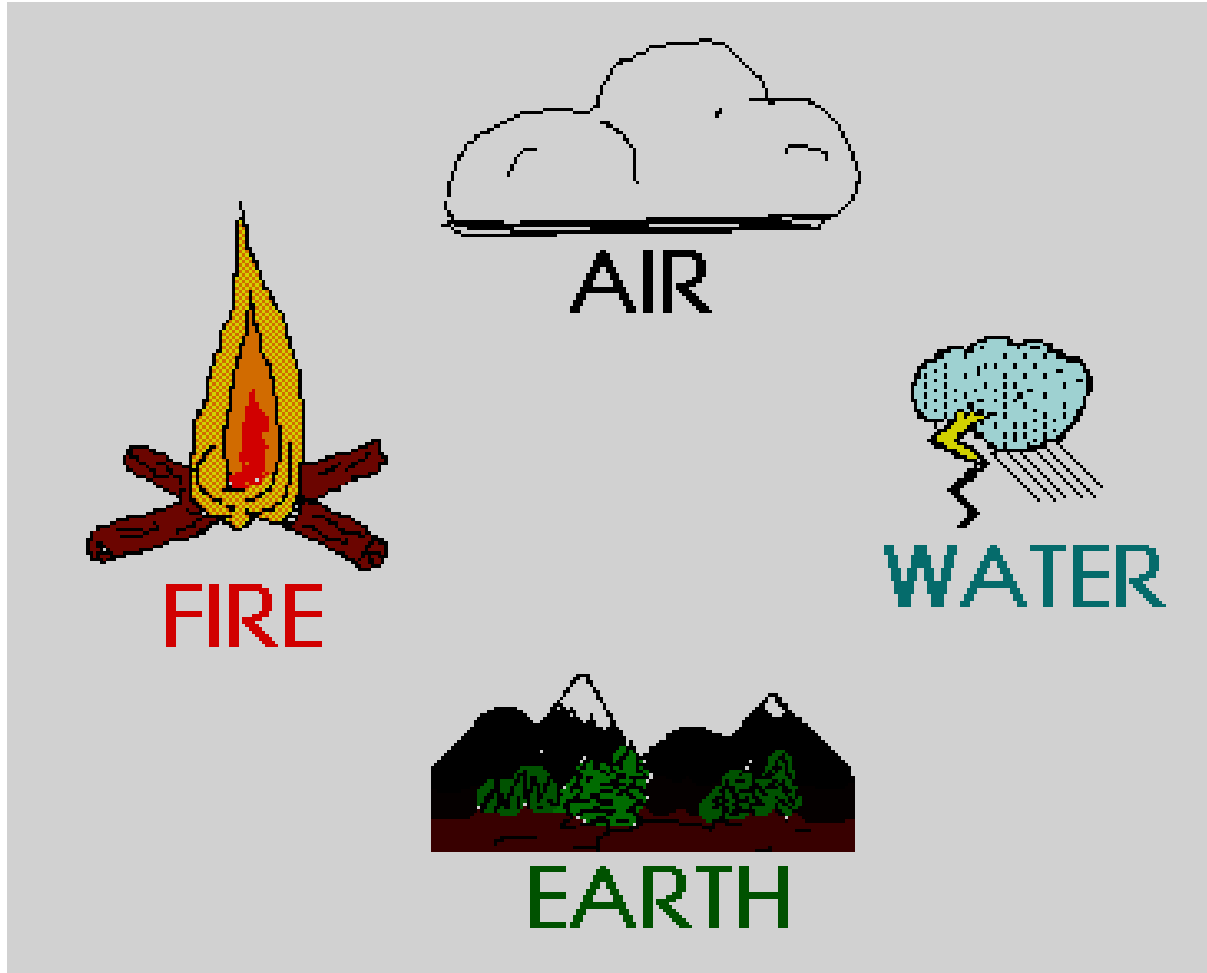
Bu bağlamda CERN, **temel bilim araştırmalarının** yanında, **yarının teknolojilerini geliştirmekte** de çok önemli bir rol oynamaktadır.

Temel Parçacıklar

evrenin yapıtaşları

- Madde neden yapılmıştır?
- Parçacıkları nasıl sınıflandırırız?
- Özellikleri nelerdir?
- Nasıl etkileşirler?

Çok güzel bir sınıflandırma: 4 temel element



Parçacık fizigi

- ◆ Maddenin ve etkileşimlerin alt yapısını anlamak



küçük, daha küçük, daha da küçük sonsuza kadar?



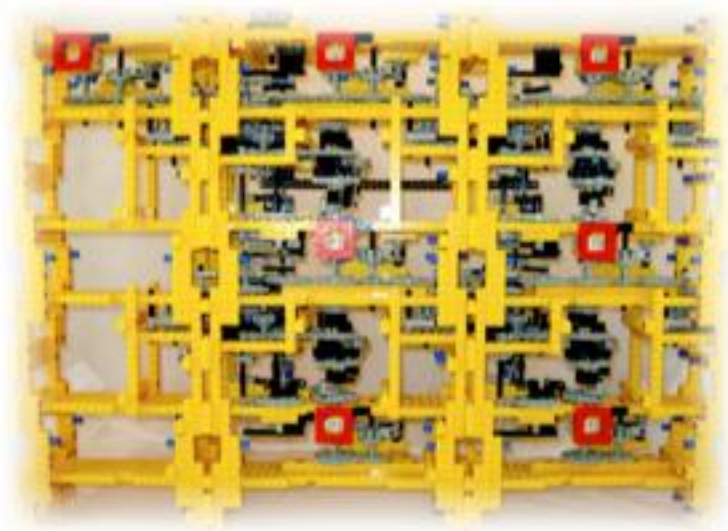
10'un kuvveti

Sayı

Sembol

10^{-12}	0.0000000000001	p (pico)
10^{-9}	0.000000001	n (nano)
10^{-6}	0.000001	μ (micro)
10^{-3}	0.001	m (milli)
10^{-2}	0.01	
10^{-1}	0.1	
10^0	1	
10^1	10	
10^2	100	
10^3	1000	k (kilo)
10^6	1 000 000	M (mega)
10^9	1 000 000 000	G (giga)
10^{12}	1 000 000 000 000	T (tera)
10^{15}	1 000 000 000 000 000	P (peta)

Lego oyuncakları gibi madde de küçük alt parçalardan oluşur.



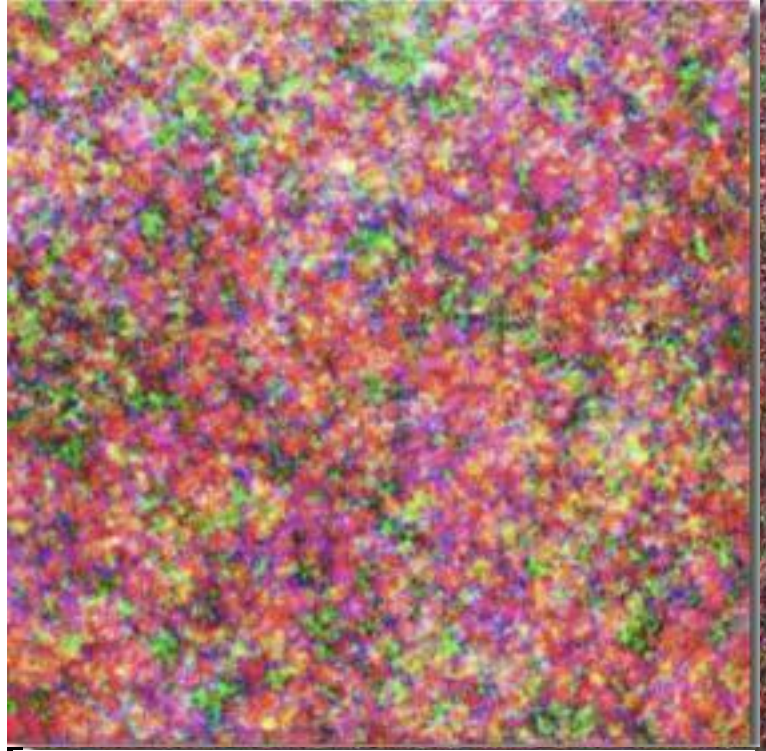
Peki ama en basit “Lego” birimleri nelerdir?



Büyükten Küçüğe



10^{-15} m



10^{-16} m = 0.1 fm



Parçacık fiziği

Kozmoloji

Nükleer fizik

Astrofizik

Katılal fiziği

Astronomi

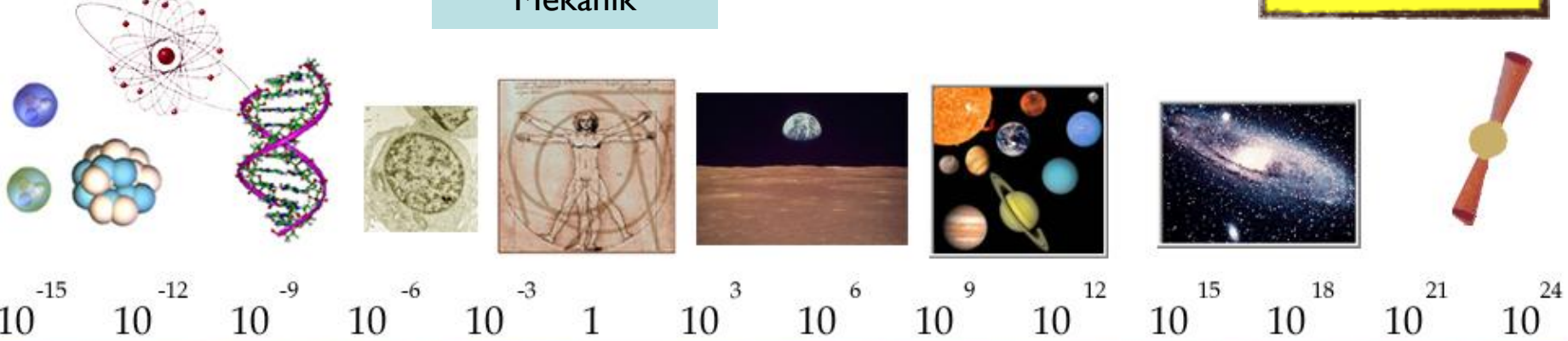
Kimya-biyoloji

Jeofizik

Küçük

Büyük

Mekanik



fm pm nm μ m mm m km Mm Gm Tm Pm Em

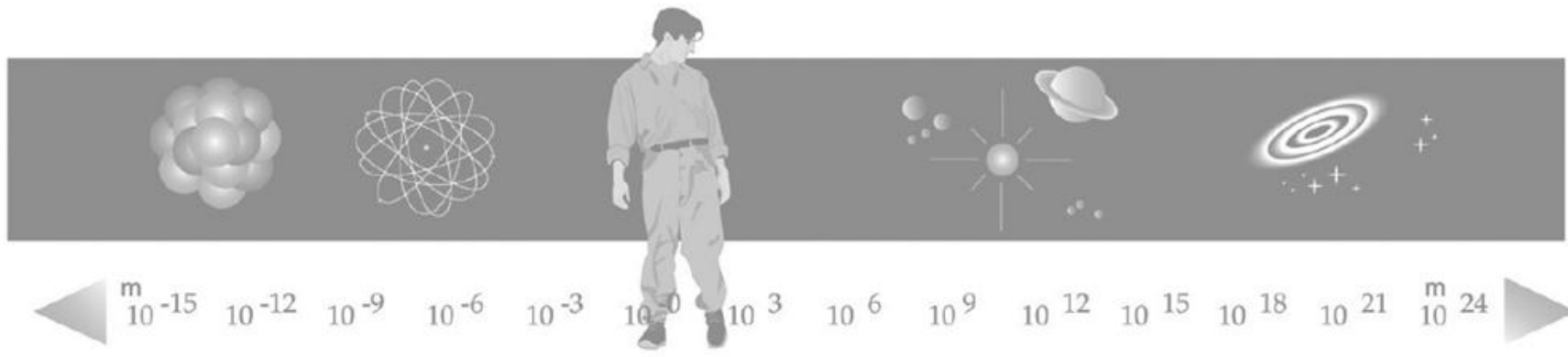
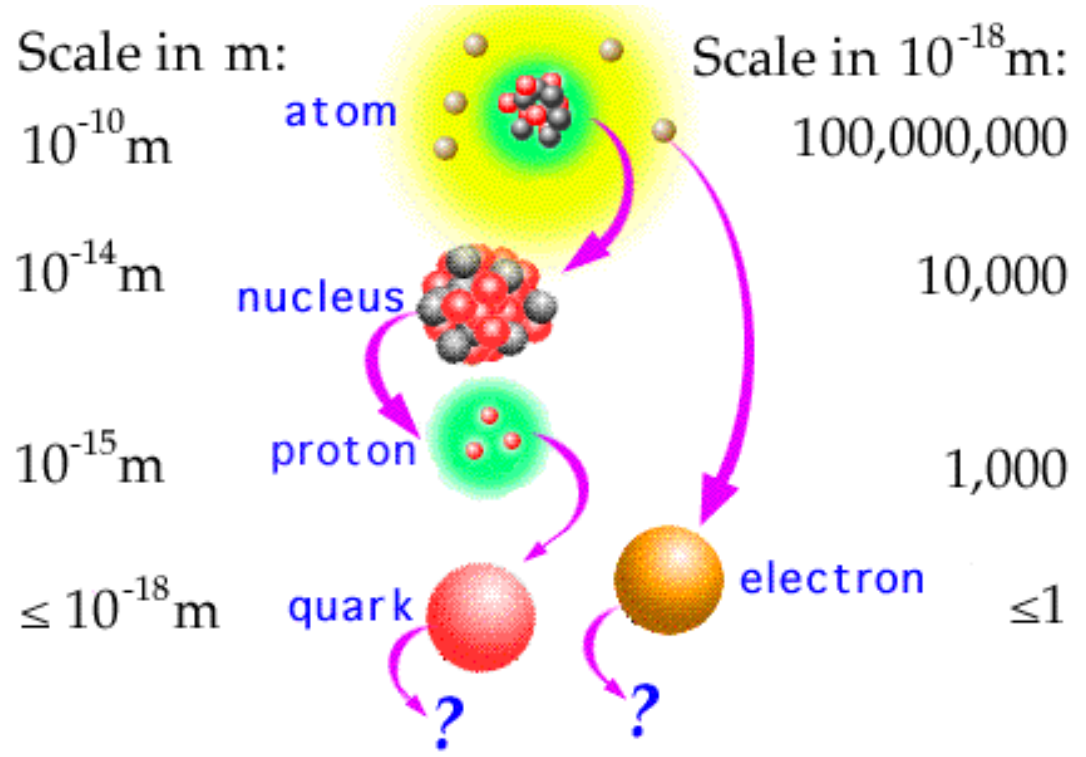
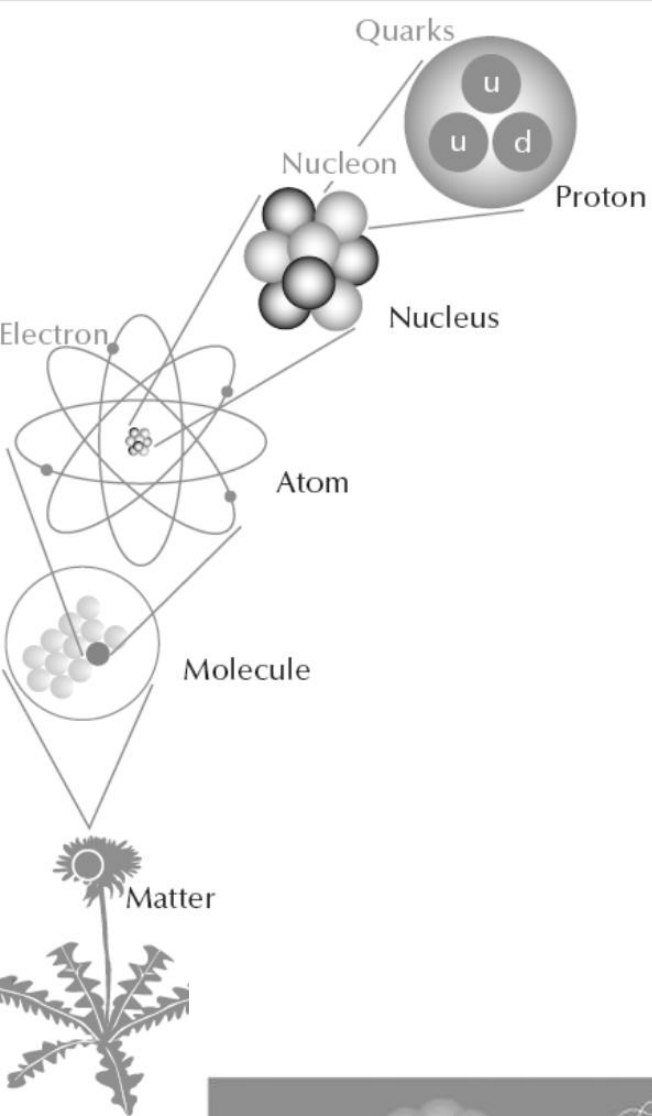


D.Bertola / CERN

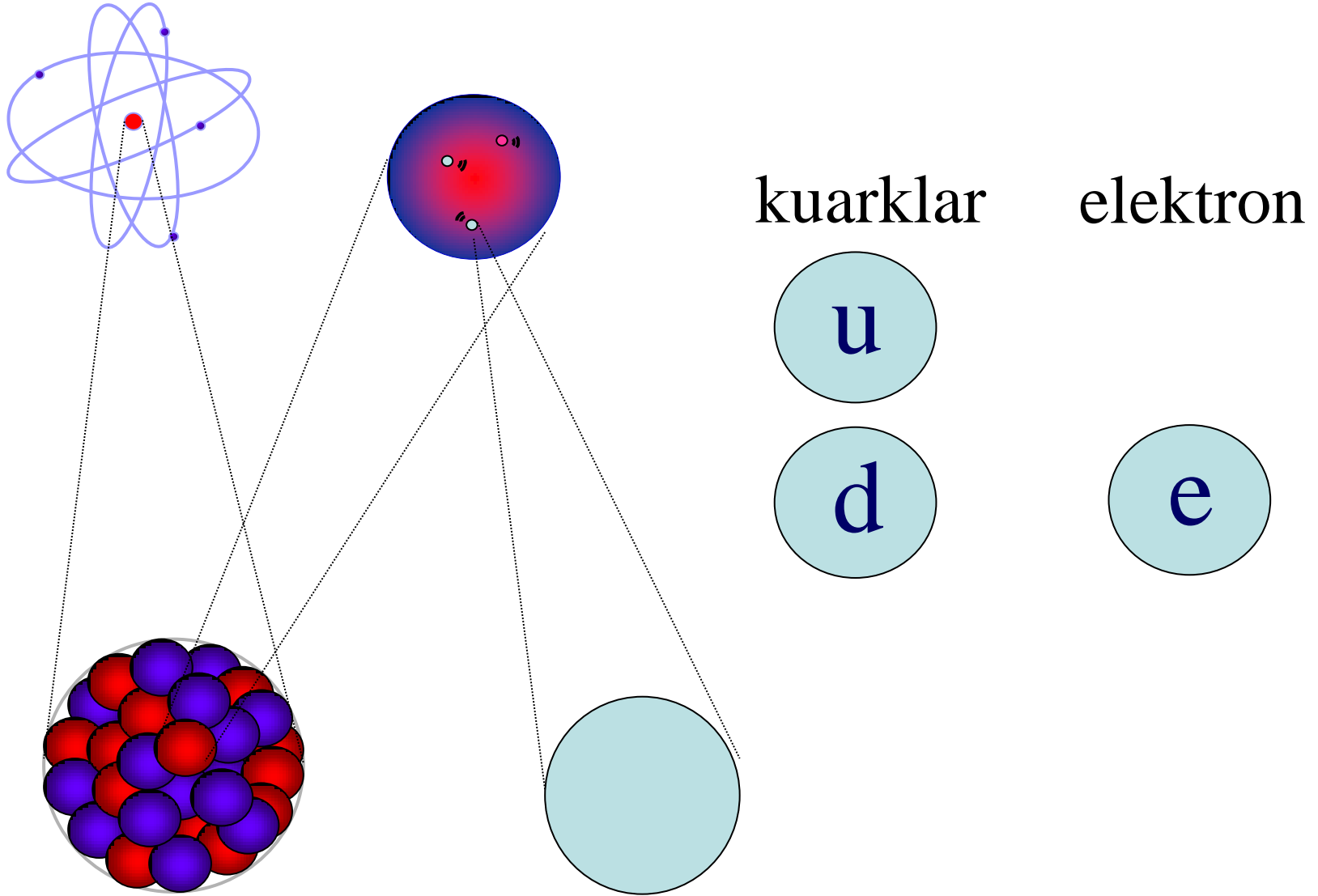


Istanbul Bilgi University
LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES

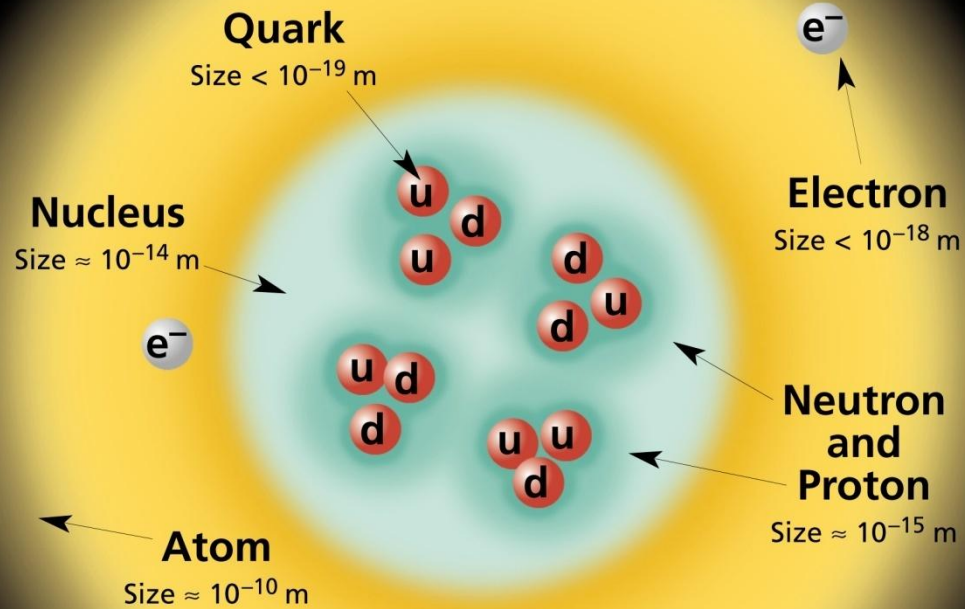
FACULTY OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES



Sıradan Madde



Structure within the Atom



If the protons and neutrons in this picture were 10 cm across, then the quarks and electrons would be less than 0.1 mm in size and the entire atom would be about 10 km across.

Temel Parçacıklar

Etrafımızdaki cisimleri
oluşturanlar

Erken evrende ve
laboratuarda olanlar

Fermionlar

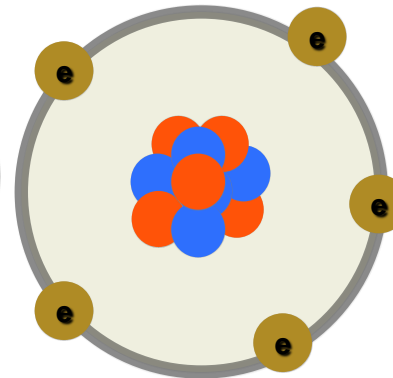
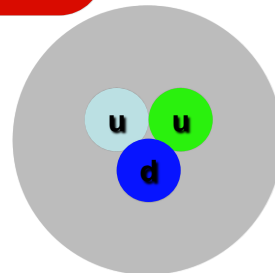
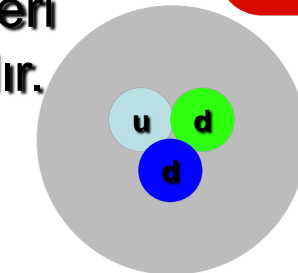
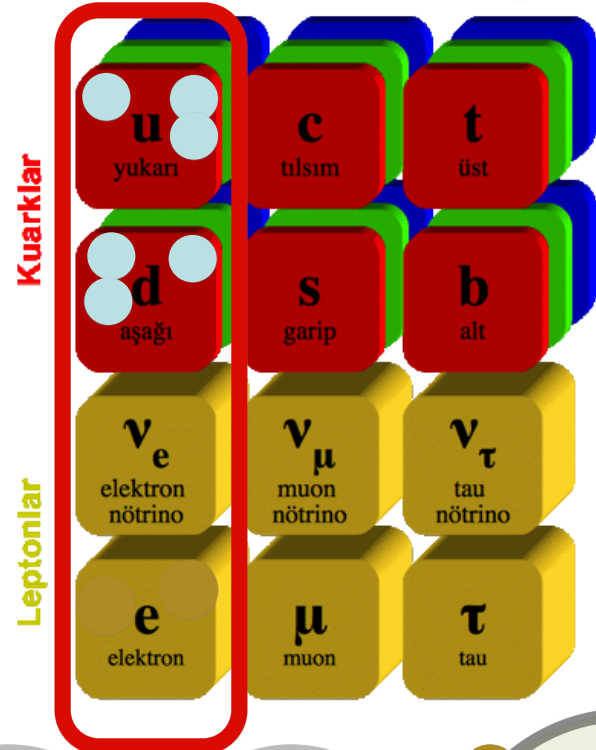
Kuarklar: u, c, t, d, s, b, ...?

Leptonlar: ν_e , ν_μ , ν_τ , e, μ , τ , ...?

Yemek tarifi:

Çekirdekler, atomlar yukardakileri
uygun şekilde karıştırarak yapılırlar.

Maddenin Üç Ailesi



n Nötron **p** Proton

FERMIONS

matter constituents
spin = 1/2, 3/2, 5/2, ...

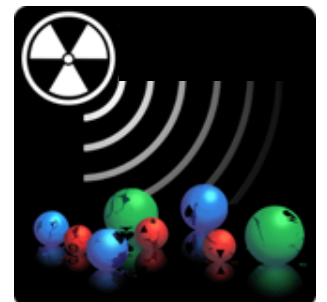
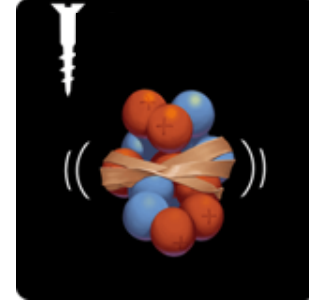
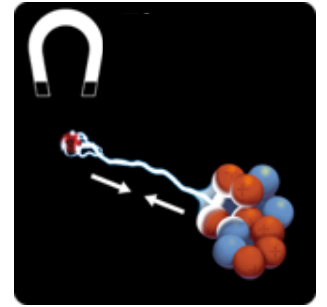
Leptons spin = 1/2		
Flavor	Mass GeV/c ²	Electric charge
ν_e electron neutrino	$<1 \times 10^{-8}$	0
e electron	0.000511	-1
ν_μ muon neutrino	<0.0002	0
μ muon	0.106	-1
ν_τ tau neutrino	<0.02	0
τ tau	1.7771	-1

Quarks spin = 1/2		
Flavor	Approx. Mass GeV/c ²	Electric charge
u up	0.003	2/3
d down	0.006	-1/3
c charm	1.3	2/3
s strange	0.1	-1/3
t top	175	2/3
b bottom	4.3	-1/3

Etkileşmeler



Elektromanyetik



Kuvvet Taşıyıcılar (Aracı Parçacıklar)



	Kütle Çekimi	Zayıf [Elektrozayıf]	Elektromanyetik	Güçlü
Aracı Parçacık	Graviton (henüz gözlenmedi)	$W^+ W^- Z^0$	Foton	Gluon
Etkidiği Parçacık	Hepsi	Kuarklar ve Leptonlar	Kuarklar , Yüklü Leptonlar ve $W^+ W^-$	Kuarklar ve Gluonlar

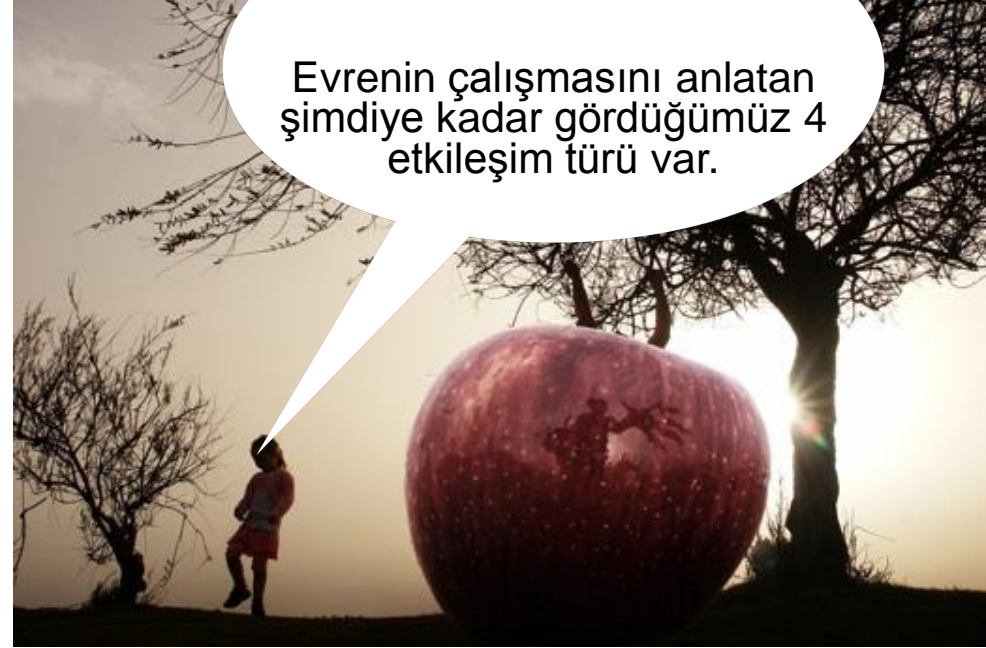
Temel Etkileşimler (yapıtaşlarını bir arada tutan nedir?)

γ
foton

g
gluon

Z^0
Z bozonu

W^\pm
W bozonu



Tüm etkileşimler madde ve kuvvet taşıyıcılarla açıklanabilir.
Ancak henüz yerçekiminin taşıyıcılarını bulamadık
Graviton araştırmaları devam ediyor.

BOSONS

force carriers
spin = 0, 1, 2, ...

Unified Electroweak spin = 1

Name	Mass GeV/c ²	Electric charge
γ photon	0	0
W^-	80.4	-1
W^+	80.4	+1
Z^0	91.187	0

Strong (color) spin = 1

Name	Mass GeV/c ²	Electric charge
g gluon	0	0

zayıf kuvvet

elektromanyetik kuvvet

güçlü kuvvet

u

c

t

d

s

b

e

μ

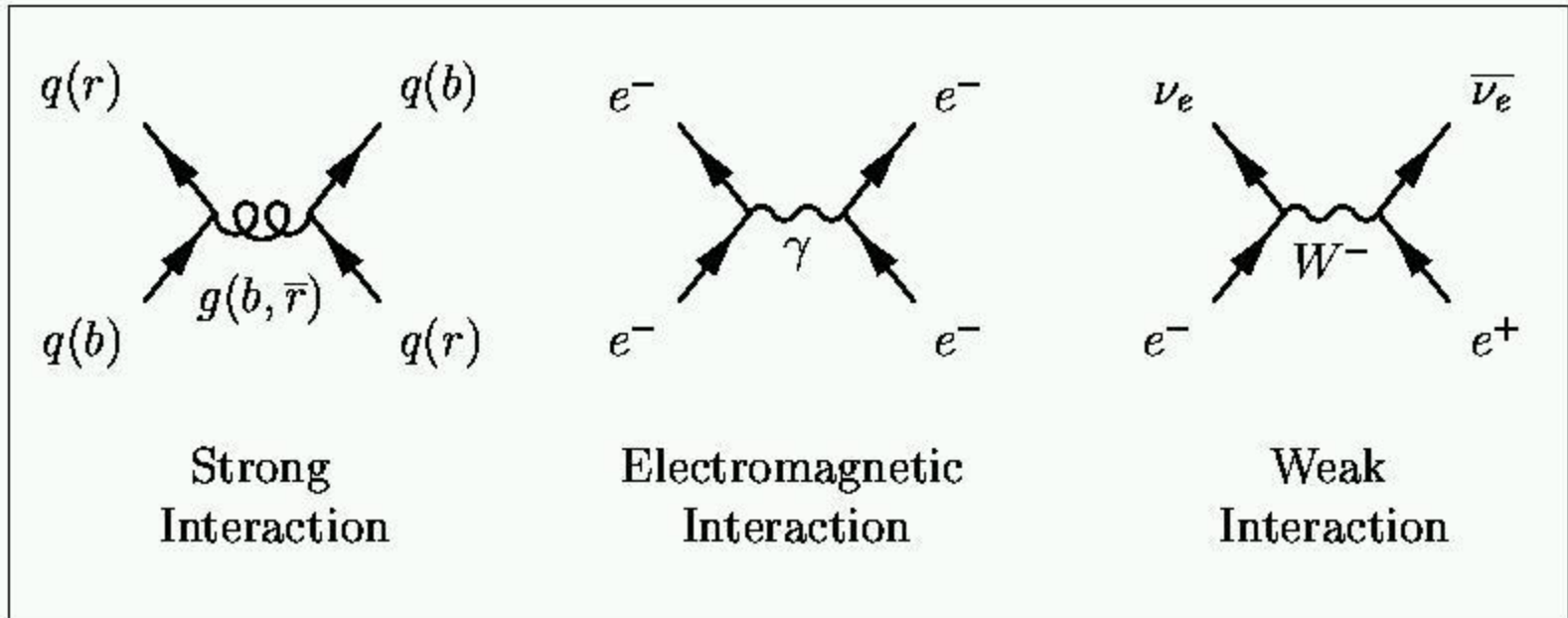
τ

ν_e

ν_μ

ν_τ

Etkileşme örnekleri



HADRONLAR

Kuarklardan yapılmış ve güçlü etkileşen parçacıklar

Baryons qqq and Antibaryons $\bar{q}\bar{q}\bar{q}$

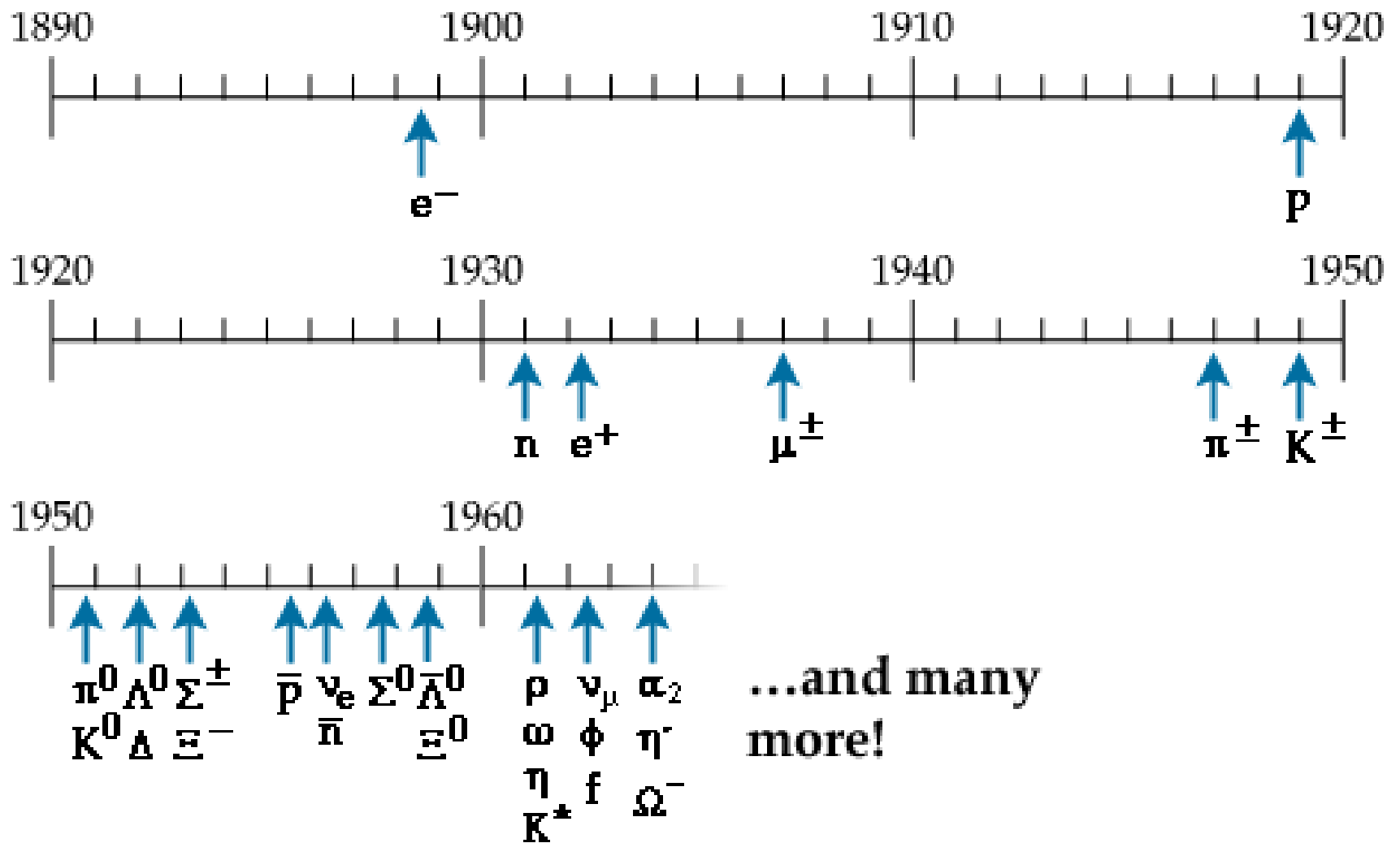
Baryons are fermionic hadrons.
There are about 120 types of baryons.

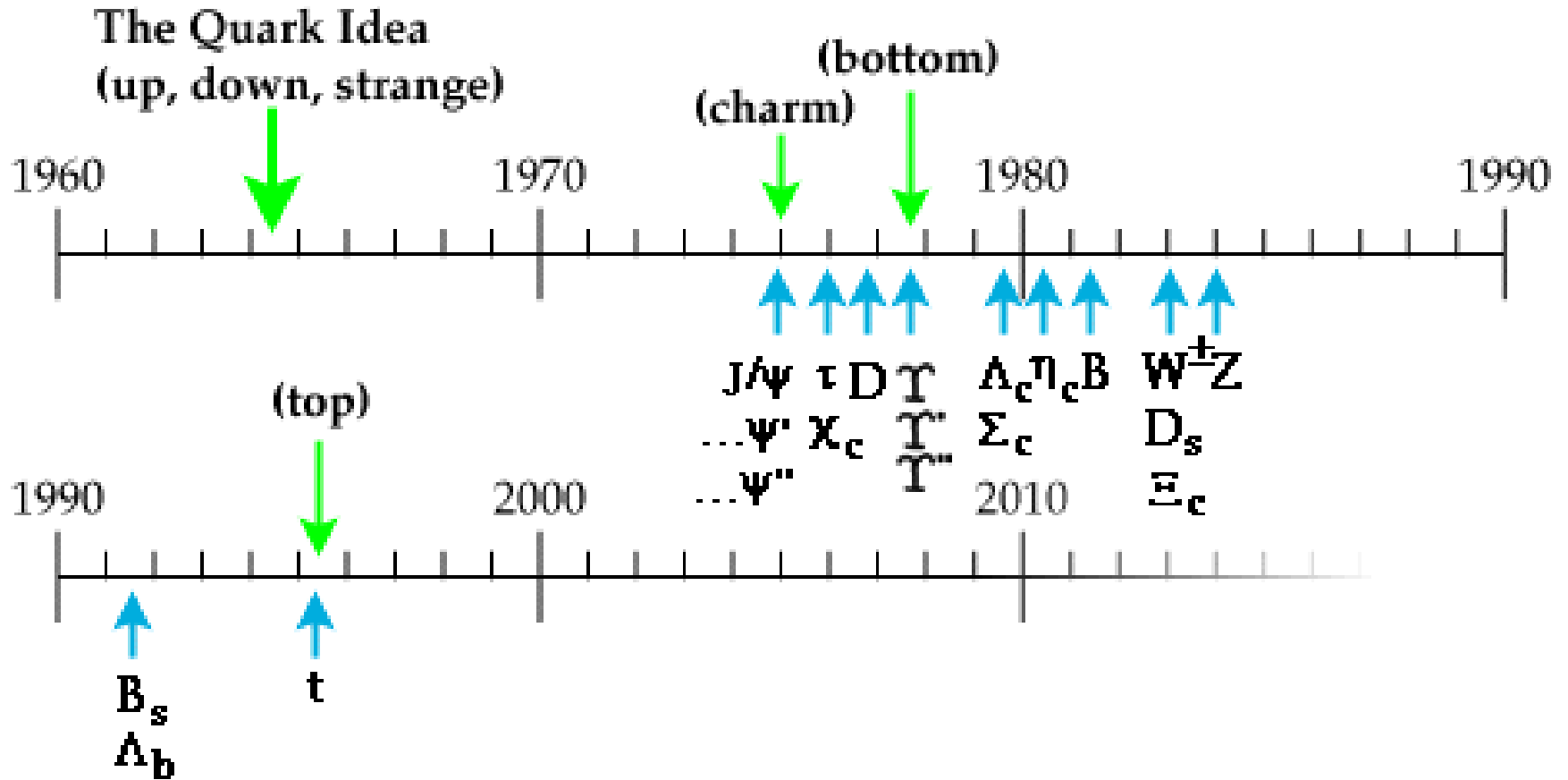
Symbol	Name	Quark content	Electric charge	Mass GeV/c ²	Spin
p	proton	uud	1	0.938	1/2
\bar{p}	anti-proton	$\bar{u}\bar{u}\bar{d}$	-1	0.938	1/2
n	neutron	udd	0	0.940	1/2
Λ	lambda	uds	0	1.116	1/2
Ω^-	omega	sss	-1	1.672	3/2

Mesons $q\bar{q}$

Mesons are bosonic hadrons.
There are about 140 types of mesons.

Symbol	Name	Quark content	Electric charge	Mass GeV/c ²	Spin
π^+	pion	$u\bar{d}$	+1	0.140	0
K^-	kaon	$s\bar{u}$	-1	0.494	0
ρ^+	rho	$u\bar{d}$	+1	0.770	1
B^0	B-zero	$d\bar{b}$	0	5.279	0
η_c	eta-c	$c\bar{c}$	0	2.980	0





Standart Model

Elektrozayıf teori

Foton ve iki kuzeni W, Z parçacıkları (CERN'de keşfedildiler).

Kuvvetli etkileşim

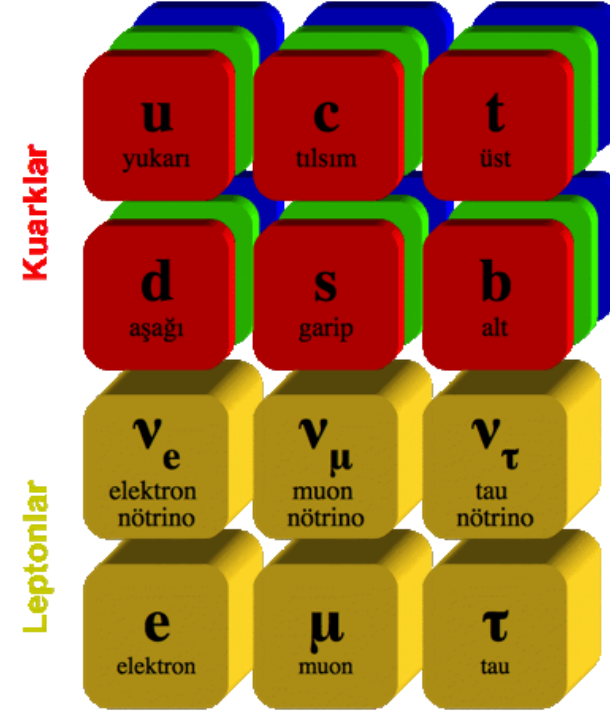
Proton ve nötronları birlikte neyin tuttuğunu biliyoruz: gluonlar

Sonuç:

Tek bir teoriyle "elektrozayıf ve güçlü etkileşimler" açıklanabilir!

Tüm atom ve atomaltı etkileşimleri anlayabilmek mümkün.

SM & Genel Görecelik (GG) yaşadığımız evreni açıklar. (mı?)



Bugün, bilinen en temel yapıtaşları

Standard Model of FUNDAMENTAL PARTICLES AND INTERACTIONS

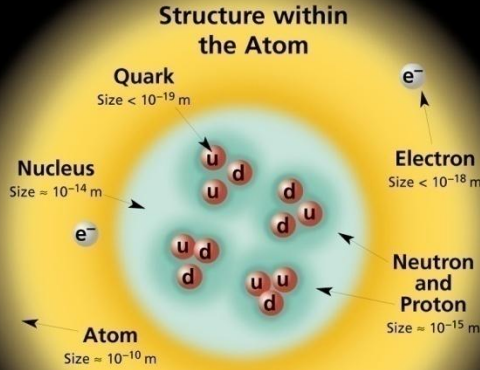
The Standard Model summarizes the current knowledge in Particle Physics. It is the quantum theory that includes the theory of strong interactions (quantum chromodynamics or QCD) and the unified theory of weak and electromagnetic interactions (electroweak). Gravity is included on this chart because it is one of the fundamental interactions even though not part of the "Standard Model."

FERMIONS

matter constituents
spin = 1/2, 3/2, 5/2, ...

Leptons spin = 1/2		
Flavor	Mass GeV/c ²	Electric charge
ν_e electron neutrino	$<1 \times 10^{-8}$	0
e electron	0.000511	-1
ν_μ muon neutrino	<0.0002	0
μ muon	0.106	-1
ν_τ tau neutrino	<0.02	0
τ tau	1.7771	-1

Quarks spin = 1/2		
Flavor	Approx. Mass GeV/c ²	Electric charge
u up	0.003	2/3
d down	0.006	-1/3
c charm	1.3	2/3
s strange	0.1	-1/3
t top	175	2/3
b bottom	4.3	-1/3



If the protons and neutrons in this picture were 10 cm across, then the quarks and electrons would be less than 0.1 mm in size and the entire atom would be about 10 km across.

BOSONS

force carriers
spin = 0, 1, 2, ...

Unified Electroweak spin = 1		
Name	Mass GeV/c ²	Electric charge
γ photon	0	0
W^-	80.4	-1
W^+	80.4	+1
Z^0	91.187	0

Strong (color) spin = 1		
Name	Mass GeV/c ²	Electric charge
g gluon	0	0

Color Charge
Each quark carries one of three types of "strong charge," also called "color charge." These charges have nothing to do with the colors of visible light. There are eight possible types of color charge for gluons. Just as electrically-charged particles interact by exchanging photons, in strong interactions color-charged particles interact by exchanging gluons. Leptons, photons, and W and Z bosons have no strong interactions and hence no color charge.

Quarks Confined in Mesons and Baryons

One cannot isolate quarks and gluons; they are confined in color-neutral particles called **hadrons**. This confinement (binding) results from multiple exchanges of gluons among the color-charged constituents. As color-charged particles (quarks and gluons) move apart, the energy in the color-force field between them increases. This energy eventually is converted into additional quark-antiquark pairs (see figure below). The quarks and antiquarks then combine into hadrons; these are the particles seen to emerge. Two types of hadrons have been observed in nature: **mesons** $q\bar{q}$ and **baryons** qqq .

Residual Strong Interaction

The strong binding of color-neutral protons and neutrons to form nuclei is due to residual strong interactions between their color-charged constituents. It is similar to the residual electric interaction that binds electrically neutral atoms to form molecules. It can also be viewed as the exchange of mesons between the hadrons.

PROPERTIES OF THE INTERACTIONS

Baryons qqq and Antibaryons $\bar{q}\bar{q}\bar{q}$					
Baryons are fermionic hadrons. There are about 120 types of baryons.					
Symbol	Name	Quark content	Electric charge	Mass GeV/c ²	Spin
p	proton	uud	1	0.938	1/2
\bar{p}	anti-proton	$\bar{u}\bar{u}\bar{d}$	-1	0.938	1/2
n	neutron	udd	0	0.940	1/2
Λ	lambda	uds	0	1.116	1/2
Ω^-	omega	sss	-1	1.672	3/2

Property	Interaction	Weak		Electromagnetic		Strong	
		Gravitational	(Electroweak)	Fundamental	Residual		
Acts on:		Mass - Energy	Flavor	Electric Charge	Color Charge	See Residual Strong Interaction Note	
Particles experiencing:		All	Quarks, Leptons	Electrically charged	Quarks, Gluons	Hadrons	
Particles mediating:		Graviton (not yet observed)	W^+ W^- Z^0	γ	Gluons	Mesons	
Strength relative to electromag for two u quarks at:	10^{-18} m 3×10^{-17} m for two protons in nucleus	10^{-41}	0.8	1	25	Not applicable to quarks	
		10^{-41}	10^{-4}	1	60		
		10^{-36}	10^{-7}	1	Not applicable to hadrons	20	

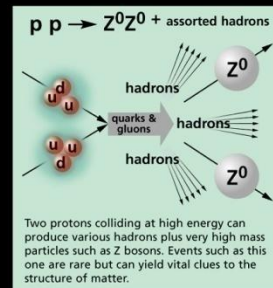
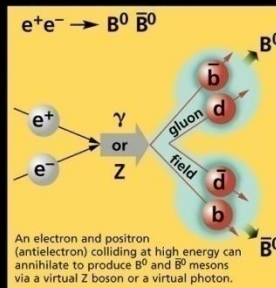
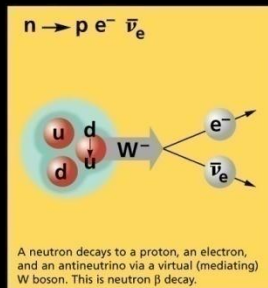
Mesons $q\bar{q}$					
Mesons are bosonic hadrons. There are about 140 types of mesons.					
Symbol	Name	Quark content	Electric charge	Mass GeV/c ²	Spin
π^+	pion	$u\bar{d}$	+1	0.140	0
K^-	kaon	$s\bar{u}$	-1	0.494	0
ρ^+	rho	$u\bar{d}$	+1	0.770	1
B^0	B-zero	$d\bar{b}$	0	5.279	0
η_c	eta-c	$c\bar{c}$	0	2.980	0

Matter and Antimatter

For every particle type there is a corresponding antiparticle type, denoted by a bar over the particle symbol (unless + or - charge is shown). Particle and antiparticle have identical mass and spin but opposite charges. Some electrically neutral bosons (e.g., Z^0 , γ , and $\eta_c = c\bar{c}$, but not $K^0 = d\bar{s}$) are their own antiparticles.

Figures

These diagrams are an artist's conception of physical processes. They are not exact and have no meaningful scale. Green shaded areas represent the cloud of gluons or the gluon field, and red lines the quark paths.



The Particle Adventure

Visit the award-winning web feature *The Particle Adventure* at <http://ParticleAdventure.org>

This chart has been made possible by the generous support of:

U.S. Department of Energy
U.S. National Science Foundation
Lawrence Berkeley National Laboratory
Stanford Linear Accelerator Center
American Physical Society, Division of Particles and Fields
BURLE INDUSTRIES, INC.

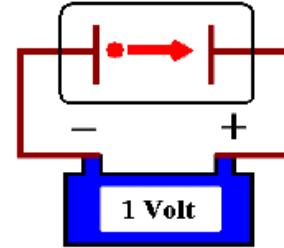
©2000 Contemporary Physics Education Project. CPEP is a non-profit organization of teachers, physicists, and educators. Send mail to: CPEP, MS 50-308, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA, 94720. For information on charts, text materials, hands-on classroom activities, and workshops, see:

<http://CPEPweb.org>

Parçacık Fiziğindeki birimler

- Enerji – elektron volt (eV)

$$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$



- 70 kg kütleli birisinin yürürken (saniyede ~1 adım) sahip olduğu kinetik enerji:

$$K = \frac{1}{2} mv^2 \sim 20 \text{ J}$$

- Yani yürürken kinetik enerjimiz:

$$20 \text{ J} = 1.25 \times 10^{20} \text{ eV}$$

$$= 1.25 \times 10^8 \text{ TeV} \quad (\text{bu değeri aklınızda tutun})$$

The Evolution of the Universe

13.7 billion years

Today



Today, at CERN, we are going back in time to study the origins of matter

-270°C

10 billion years

Life on Earth



A soup of organic molecules appears on Earth, a small blue planet lost in the immense Universe

9.2 billion years

Solar system



Gravity gathers the debris of stars into planets

200 million years

Stars and galaxies



Gravity gathers clouds of atoms into stars

Heavy atoms, the building blocks of life, are synthesized in the hearts of stars

4000°C

380 000 years

Light atoms



Electrons bind to atomic nuclei to form hydrogen and helium atoms

Photons no longer interact with electrons: the Universe becomes transparent and illuminates



Atome d'hélium



Atome d'hydrogène

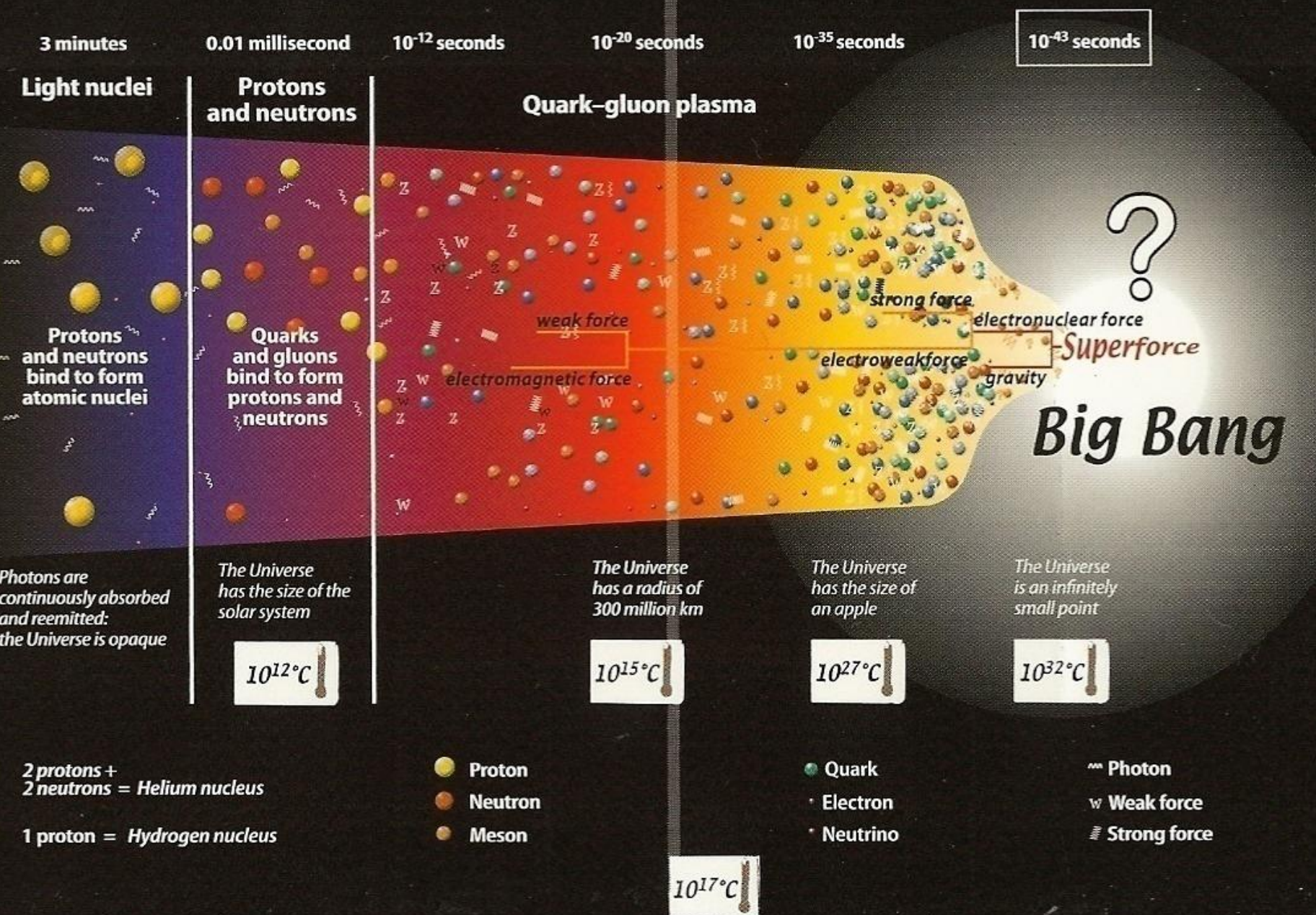


European Organization for Nuclear Research

www.cern.ch

LHC exploration range

10^{-25} seconds



2 protons + 2 neutrons = Helium nucleus
1 proton = Hydrogen nucleus

10^{17}°C

Çarpıştırıcı Tokusturuyor yani..!

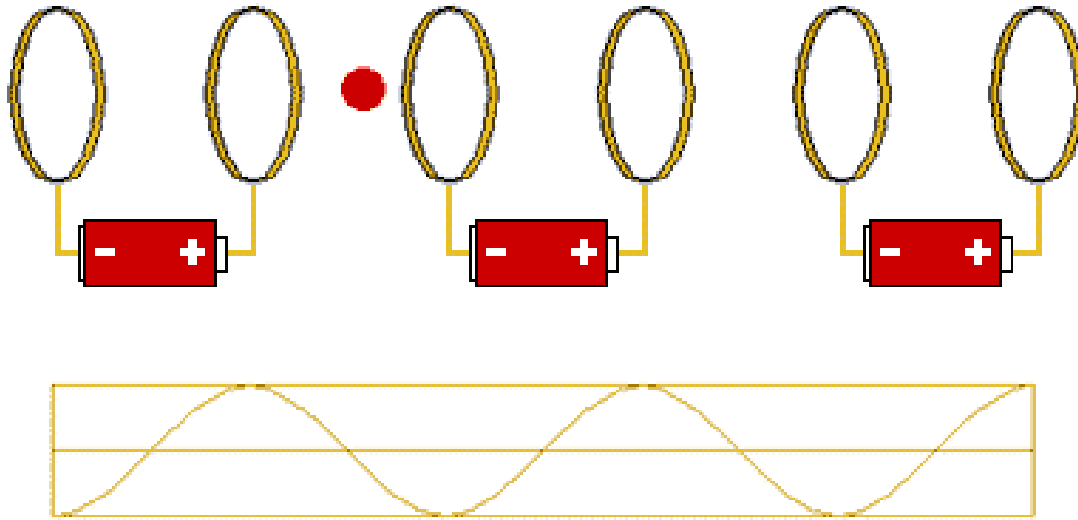
- Parçacıkları çarpıştırır
 - yeni parçacıklar üretmek
 - Düzenlerini gözlemleyip tesir kesitlerini ölçerek, iç yapılarını ve etkileşme kurallarını anlamak,...
- Parçacıkları yüksek enerjilerde çarpıştırır
 - Büyük kütleli parçacıklar yaratabilmek için
 - Küçük mesafelerdeki yapıları çözümleyebilmek için
- Küçük cisimlerin yapılarını incelemek için:
 - Küçük dalgaboylarıyla yoklamak gerekir: küçük dalgaboyu elde etmek için yüksek momentumlu parçacıklar kullanılmalıdır.

PARÇACIK FİZİĞİ DENEYLERİ

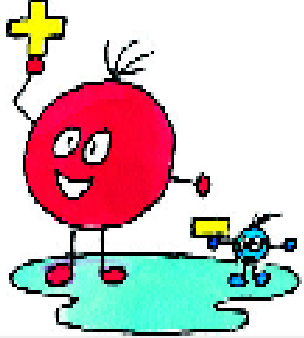
- Amaç **maddenin doğasını en temel seviyede anlamak**. Mevcut anlayışımız parçacık fiziğinin **Standart Model'inde** biraraya gelmiş durumda.
- Parçacık fiziği ya da yüksek enerji fiziği
 - *maddenin en küçük yapıtaşlarını* ve onların arasındaki *temel kuvvetleri araştırır*;
 - Amaç *tanımı en az sayıda parçacık ve kuvvet cinsinden* yapabilmektir.
 - Belli bir skalada maddeyi *temel* olarak nitelendirilen bileşenlerden oluşuyor gibi düşünürken daha küçük mesafelerde bu temel bileşenlerin de daha küçük kısımlardan oluştuğu düşünülebilir ("*kompozit*").
 - 19. yüzyılda en küçük yapıtaşı olarak atomlar kabul edilmekteydi,
 - 20. yüzyılın başlarında: elektron, proton, nötron;
 - Şimdi nükleonların da alt yapısı olduğunu biliyoruz: kuarklar;
 - Ölçek merdiveninde gittikçe aşağı iniyoruz:
atomlar -- çekirdek -- nükleon -- kuarklar -- preonlar ?...???

PARÇACIK HIZLANDIRICILARI

Parçacık hızlandırıcıları parçacıkları yüksek enerjilere ulaştırmak için elektrik alanları kullanırlar



Parçacıklar elektrik yükleri sayesinde hızlanırlar



Örneğin 1.5 voltluk pilin uçlarına bağlı olan metalik parçaların



arasından geçen elektron ...



...negatif uçtan pozitif uca
itilir

Bu küçük "tekme" ile elektronun enerjisi 1.5 elektron volt (eV) yükselir



CERN'in hızlandırıcılarında yüksek enerjileri verebilmek için...



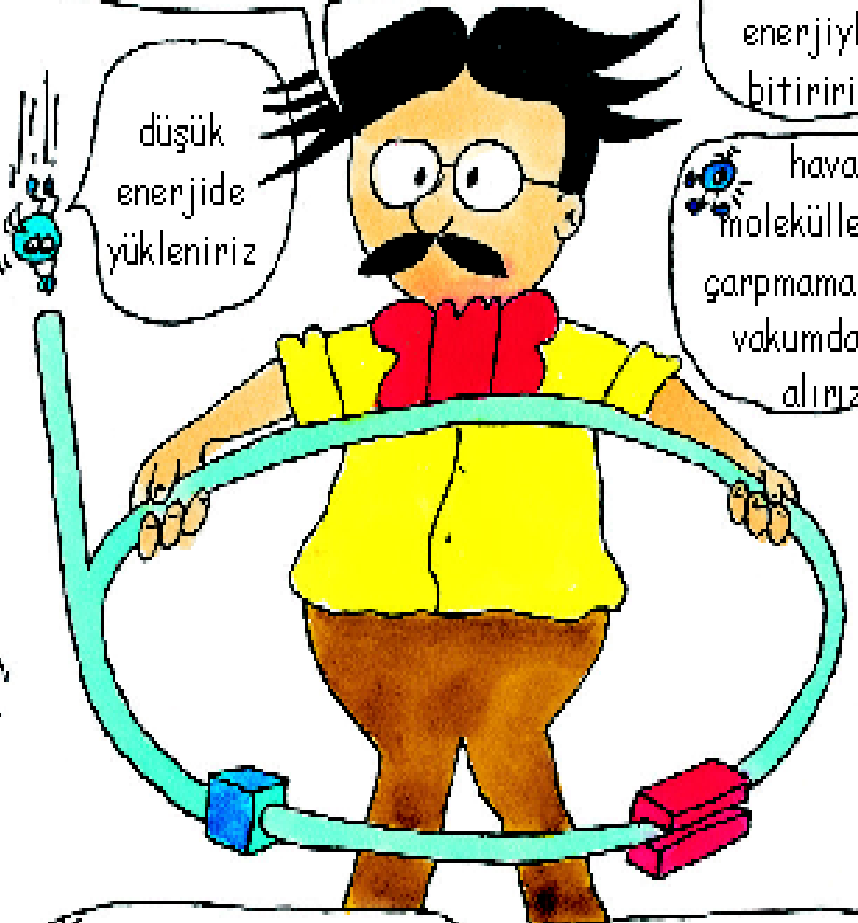
...bu tekmeler milyonlarca kez tekrarlanır...

Büyük hızlandırıcılar şöyle çalışırlar

düşük enerjide yükleniriz

sonunda yüksek enerjide bitiririz

hava moleküllerine çarpmamak için vakumda yol alırız



elektrik alanları, her turda, enerjimizi yükseltmek için bizi tekmeler

mıknatıslar bizi dairesel bir yörüngede tutar ki tekrar tekmelenmek için dönüp gelebilelim

PARÇACIK HIZLANDIRICILARI

- Parçacıklar hava moleküllerine çarpıp dağılmasın diye vakumlanmış tüplerde tutulurlar.
- Parçacıkların birbirlerinden, elektrostatik itmelerinden dolayı uzaklaşmalarını engellemek ve onları odaklamak için dört kutuplu mıknatıslar kullanılır.
- İki temel tip hızlandırıcı vardır: doğrusal ve dairesel.

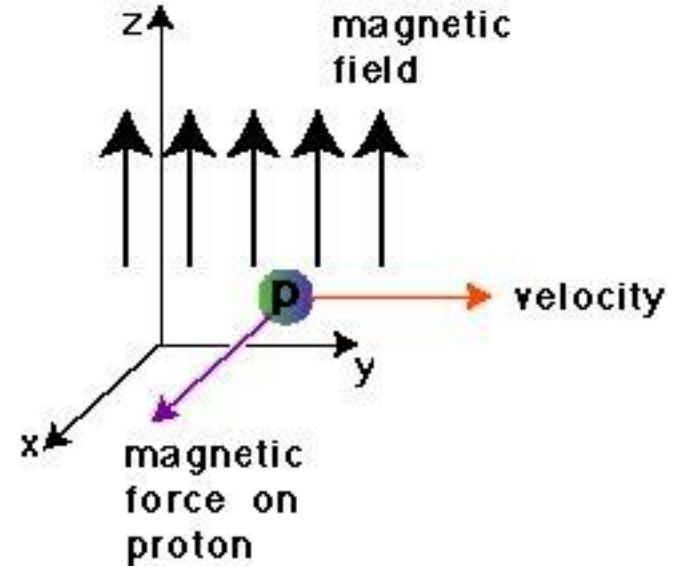
DOĞRUSAL HIZLANDIRICILAR

- Parçacıklar düz bir hat boyunca hızlandırılırlar
- Yüksek enerjili hızlandırıcılar değişken yüksek enerjili alanların uygulandığı lineer gruplanmış plakalar kullanırlar.
- Yüksek enerjili lineer hızlandırıcılara genellikle "linak" denir.

DAİRESEL HIZLANDIRICILAR

- Hızlandırılan parçacıklar yeterli enerjiye ulaşana kadar dairesel hareket yaparlar.

- Parçacıklar dipol mıknatısların yardımıyla dairesel yörüngede tutulurlar.

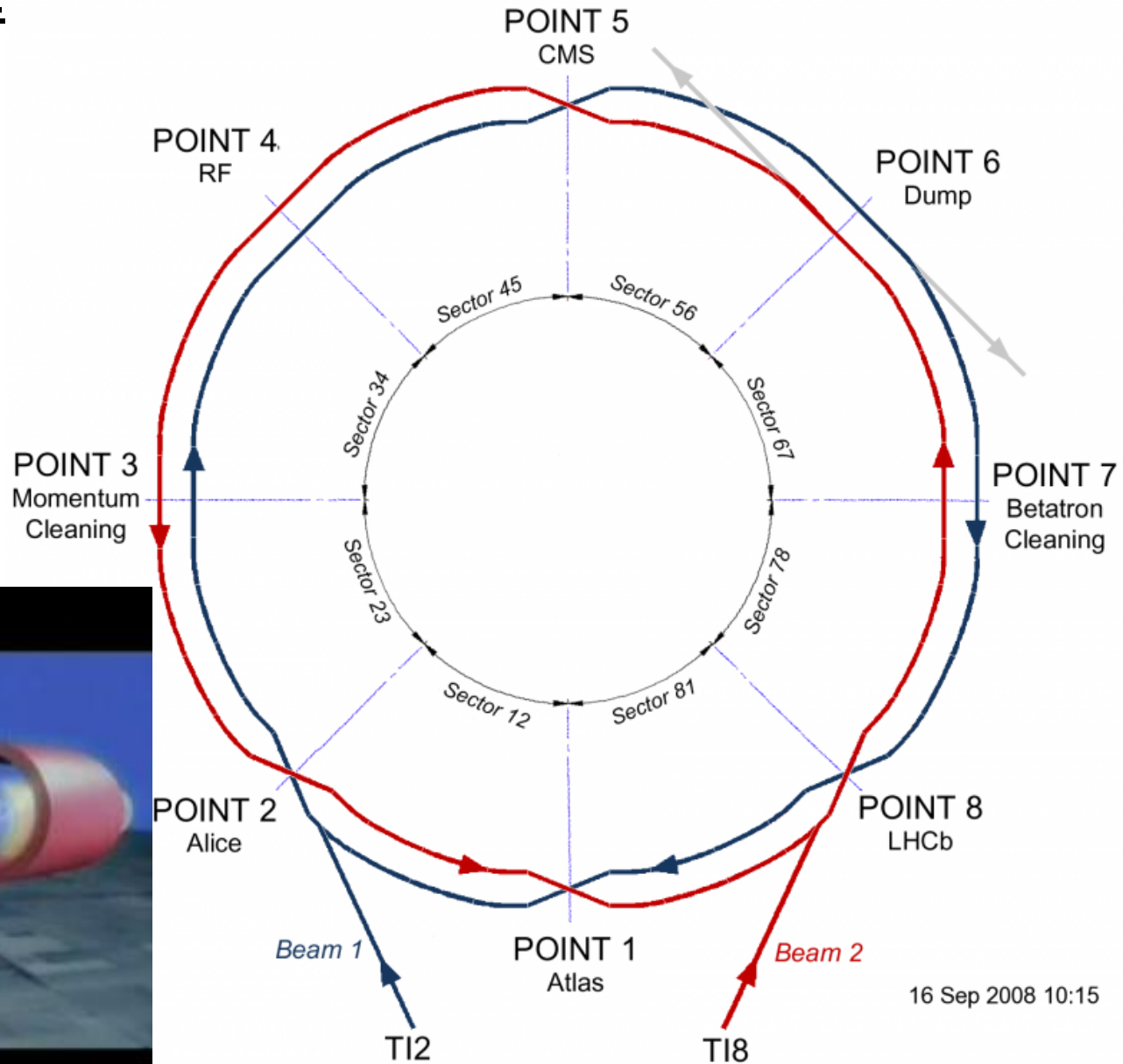


- Avantajı parçacıkları tekrar tekrar kullanılabilmesidir. Ancak sinkrotron radyasyonu sebebiyle enerji kaybetmeleri de bir dezavantajdır.



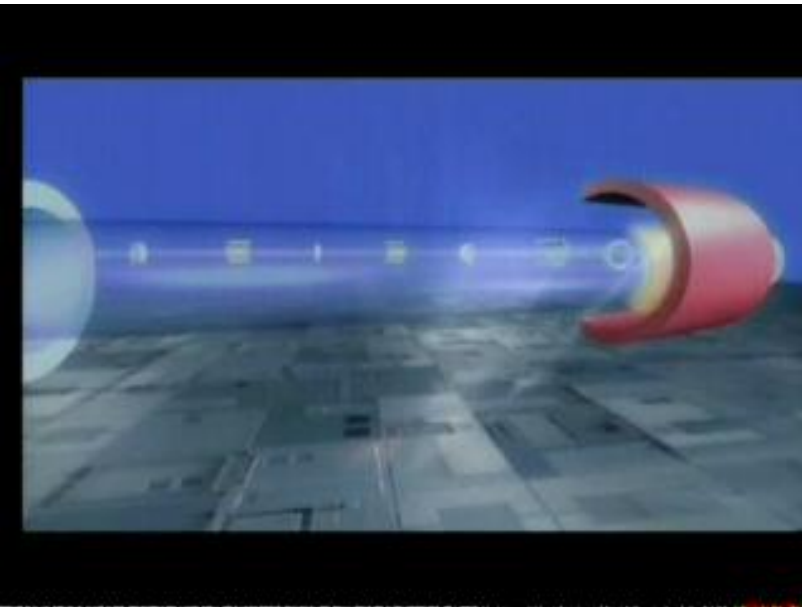
Büyük Hadron Çarpıştırıcısı

HIZLANDIRICI ANİMASYONU



16 Sep 2008 10:15

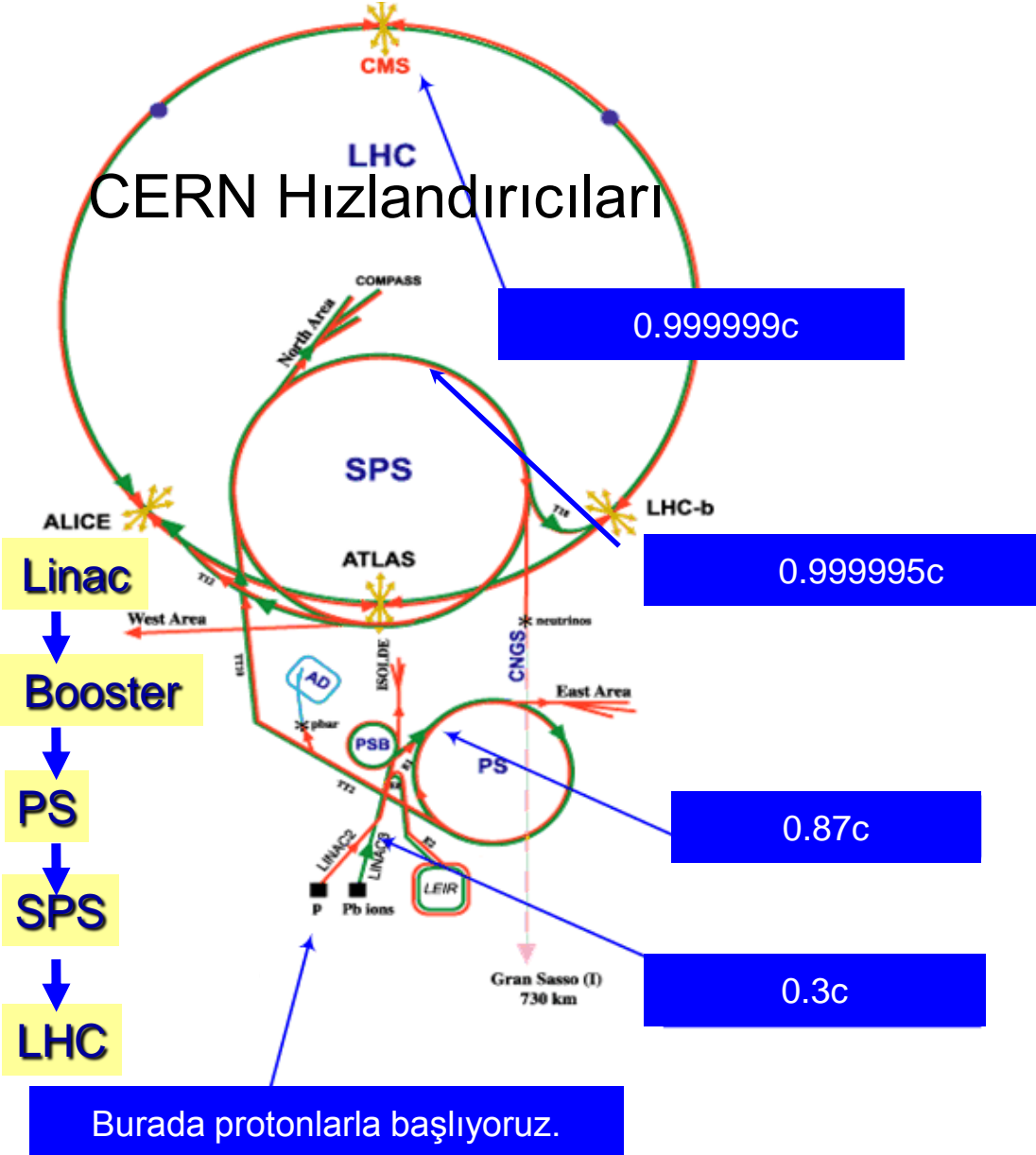
Updated by Roger Bailey



LHC Hakkında Teknik Bilgiler

- ▶ 8 yay şeklinde bölge
- ▶ 8 uzun düz bölge (herbiri 700 metre)
- ▶ 2 ayrı vakum odası
- ▶ Demetler 4 noktada birbirini kesiyor.

CERN Hızlandırıcıları



LHC: Büyük Hadron Çarpıştırıcısı
SPS: Süper Proton Synchrotron'u
AD: Anti-proton Yavaşlatıcısı
ISOLDE: İzotop Ayırıcı Online Aygıt
PSB: Proton Synchrotron Öteleyici
PS: Proton Synchrotron
LINAC: Doğrusal Hızlandırıcı
LEIR: Düşük Enerjili İyon Halkası
CNGS: Gran Sasso'ya CERN Nötrinoları

Çevresi 26 659 m, içinde 9300 tane mıknatıs var. Dünyanın hem en büyük parçacık hızlandırıcısı hem de en büyük soğutma sistemi: 10080 ton sıvı azot ile -193.2°C (80 K), daha sonra 60 ton sıvı helyum ile -271.3°C (1.9 K).

Tam güçte çalıştığında, protonlar %99.99 ışık hızında saniyede 11 245 tur atacak, 7 TeV enerjili proton demetleri 14 TeV'lik kafa kafaya çarpışmalar yapacak ve saniyede yaklaşık 600 milyon çarpışma olacak.

Protonların gaz molekülleri ile çarpışmasının önlenmesi için demetler ultra-yüksek vakumlu borularda dolaştırılıyor; gezegenler arası boşluk kadar boş... 10^{-13} atm.

Hem çok sıcak hem de çok soğuk: İki proton demeti çarpıştığında güneşin merkezinden 100000 kez daha yüksek sıcaklıklara ulaşıyor, ancak çok küçük bir hacimde. Buna karşılık kryojenik sistem hızlandırıcıyı -271.3°C (1.9 K) sıcaklıkta tutuyor; uzaydan daha soğuk!

Dünyanın en büyük ve karmaşık detektör sistemleri kuruldu. 1 detektörün 1 senede kaydettiği veri yaklaşık 100 000 çift katmanlı DVD kapasitesinde. Bu verinin analizi için dünya çapında dağıtılmış bilgisayar ağı olan GRID sistemi kuruldu.

BHÇ fikri 1980'lerde ortaya atıldı, CERN konseyi 1994'de onayladı.

BHÇ'nin toplam maliyeti ~5000 MCHF.

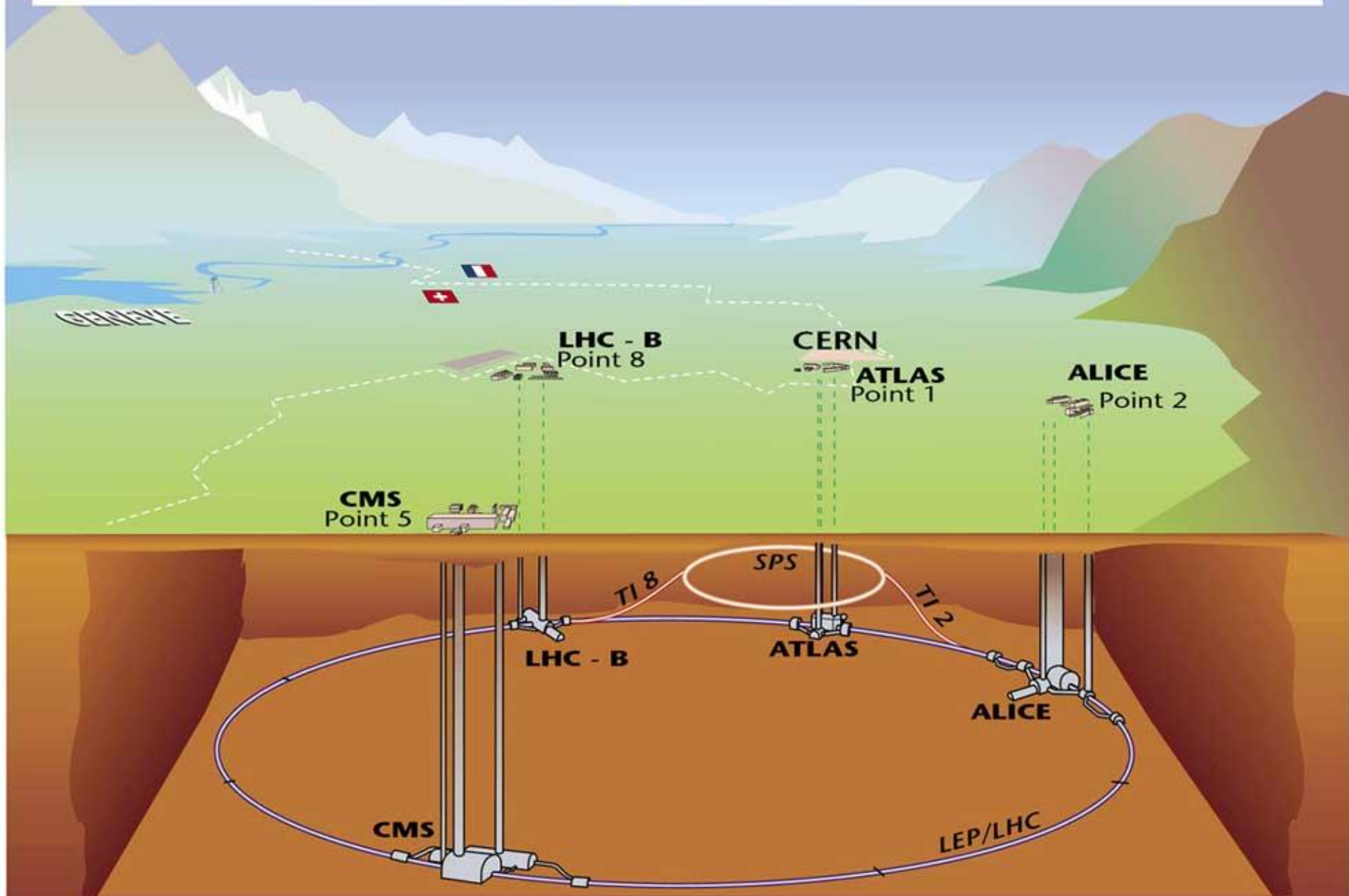
Tasarım ışınlık değeri $10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$.

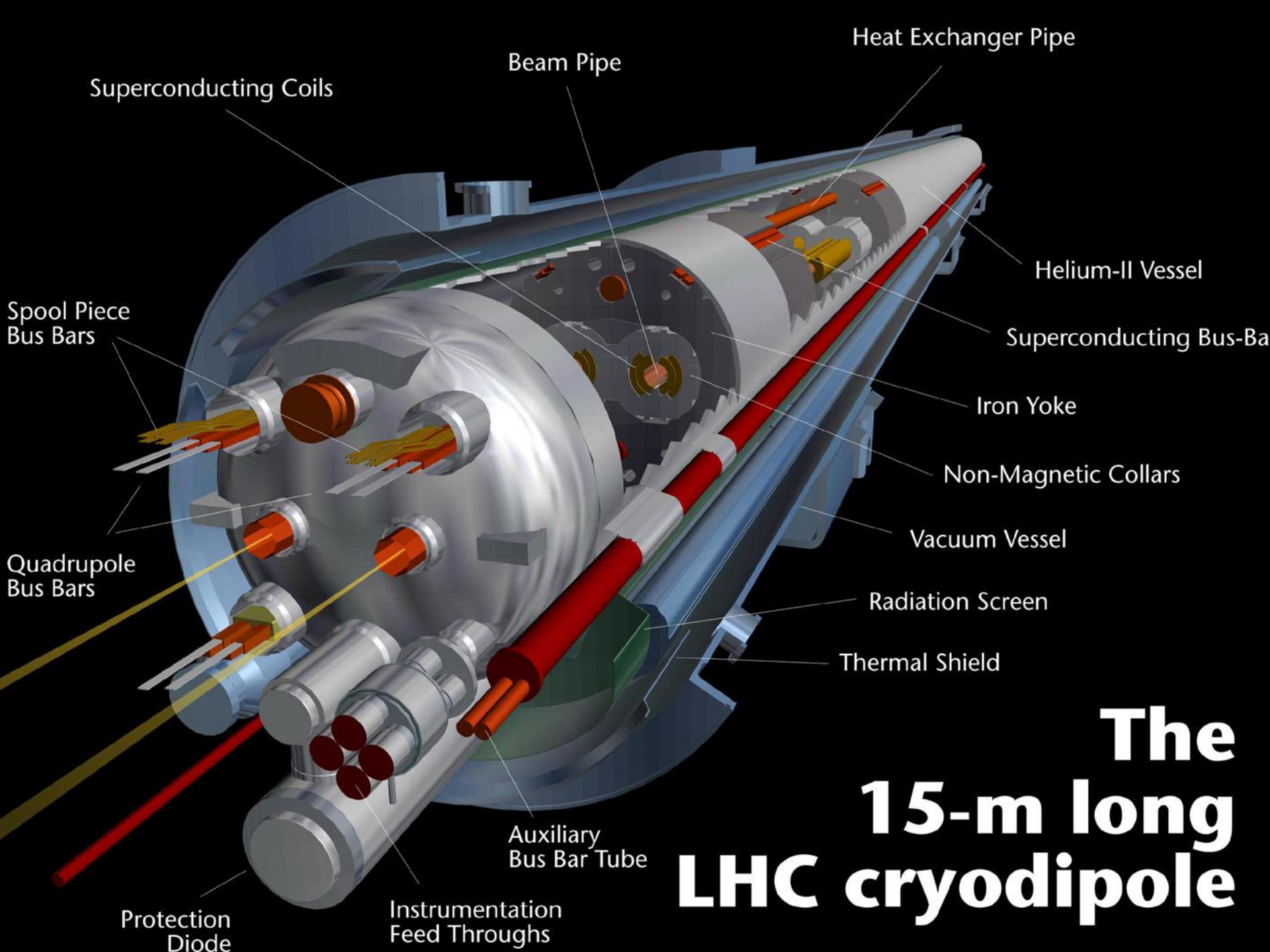
Her bir proton demetinde (beam) 2808 bohça (bunch), her bohçada 10^{11} proton var. Her demetin ömrü ~10 saat.

Tasarım değeri olarak bohaçalar 25 nanosaniyede bir geçişecekler (bunch crossing) ve her geçişmede ~20 çarpışma olacak.

2015'e kadar ulaşılan en yüksek enerji 8TeV oldu, çarpışma aralığı ise 50 nanosaniye idi. 2015'te ise 13 TeV enerjide 25 ns çarpışmalar gerçekleşti, halen devam etmekte...

Overall view of the LHC experiments.





Superconducting Coils

Beam Pipe

Heat Exchanger Pipe

Helium-II Vessel

Superconducting Bus-Bar

Iron Yoke

Non-Magnetic Collars

Vacuum Vessel

Radiation Screen

Thermal Shield

Auxiliary
Bus Bar Tube

Instrumentation
Feed Throughs

Protection
Diode

Spool Piece
Bus Bars

Quadrupole
Bus Bars

The 15-m long LHC cryodipole



LHC'nin Amacı

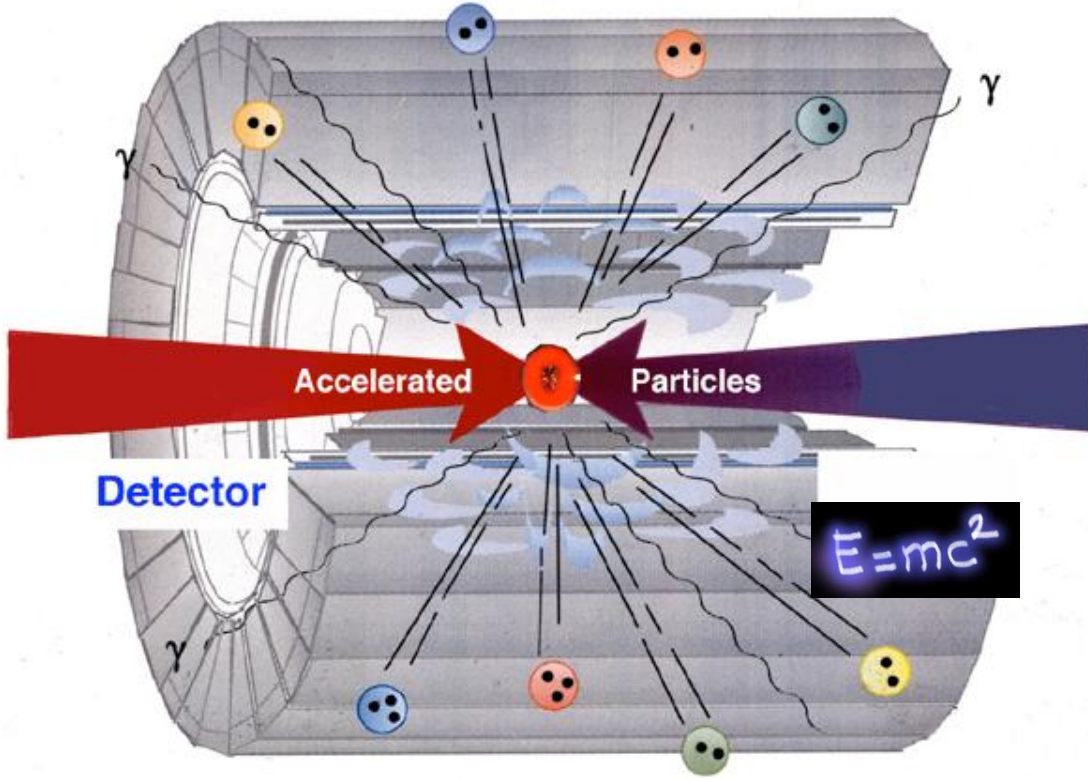
- Yüksek enerjili proton demetlerini çarpıştırarak, evrenin içeriğini ve Büyük Patlamadan sonraki dinamiğini anlamak
- LHC, ulaştığı yüksek enerjiden dolayı şimdiye kadar ulaşılamamış küçük mesafelerdeki fiziği anlamamızı sağlayan bir **mikroskop**
- LHC, Büyük Patlamadan trilyonda bir saniye sonraki çarpışmalardaki enerjilerde çalıştığı için geçmişe bakmamızı sağlayan bir **teleskop**
- Daha yüksek enerjili çarpışmalara atmosferimizde her zaman oluyor ama kontrollü deneyler yapmamız bunlarla şu an için imkansız

DENEYİN HAZIRLANMASI

- deneyin yapılışı:
 - parçacıkları bul (protonlar, elektronlar,...)
 - hızlandır
 - birbirlerine doğru fırlat
 - olup biteni algıla ve kaydet
 - veriyi analiz et ve yorumla
- gerekenler:
 - parçacık kaynağı
 - hızlandırıcı
 - detektör
 - tetikleme (neyi kayıt edeceğine karar ver)
 - depolama araçları
 - bir sürü insan:
 - hızlandırıcıyı tasarlamak, yapmak, sınamak ve işletmek için
 - detektörü tasarlamak, yapmak, sınamak, kalibre etmek, anlamak ve işletmek için
 - veriyi analiz etmek
 - tüm bunları karşılayabilmek için tonla para

nasıl bir deney ?
ATLAS Deneyi

Nasıl Oluyor?



1) Parçacıkları yüksek enerjilere çıkart (hızlandırıcı)

2) Hızlı Yüksek enerjili bu parçacıkları çarpıştır

3) Ortaya çıkan yeni parçacıkları detektörlerde (algıç) araştır.

Parçacıklar Nasıl Gözlemlenir?

- Bir ortamdan parçacığın geçtiğine ya da orada durduğuna dair bir sinyal almak
- Bunun gerçekleşmesi için parçacığın o ortamla etkileşmesi ve enerjisinin bir kısmını ya da tamamını bırakması gerekir:

Maddenin İYONİZASYONU ya da UYARILMASI

ALGIÇ SİSTEMLERİ

Şunlar hakkında bilgi sahibi olmak istiyoruz:

parçacık sayısı

olay topolojisi

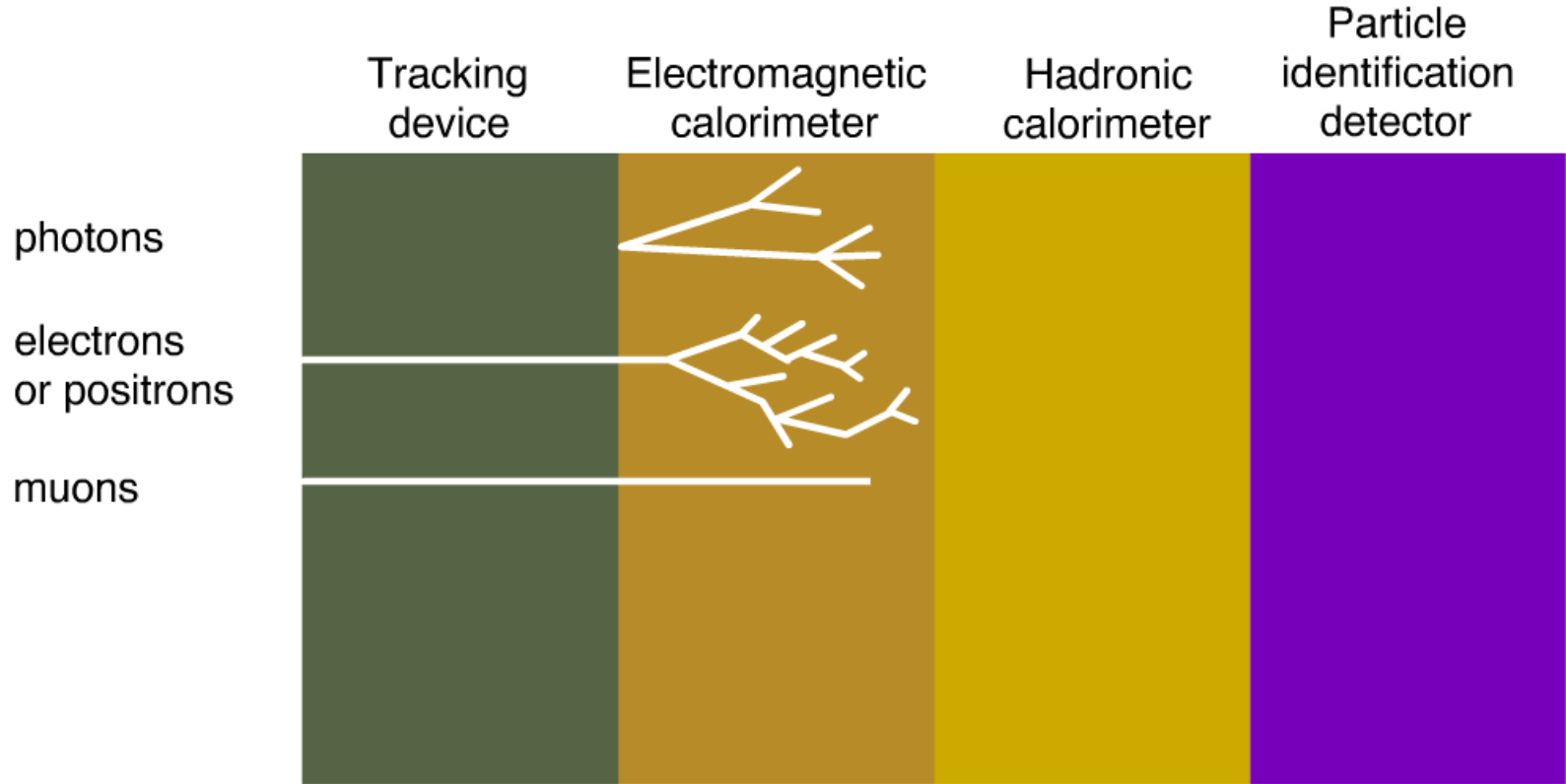
momentum / enerji

parçacık kimliği

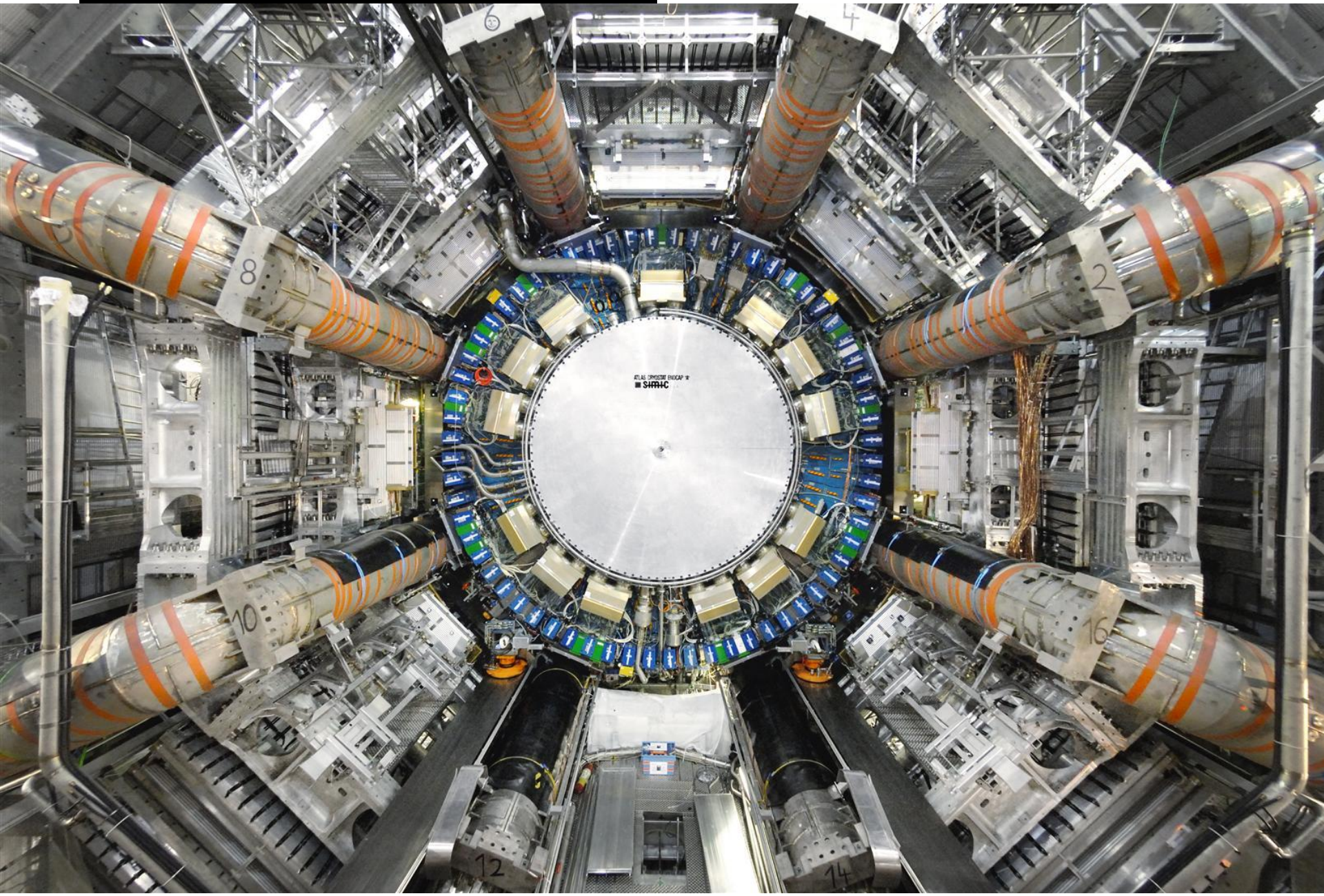
Ve bunlar tek bir algıç ile başarılamaz:


Algıçları algıç sistemleri halinde entegre etmemiz gerekir

Algıç Sisteminin Katmanları



ATLAS ALGICI





Argentina
Armenia
Australia
Austria
Azerbaijan
Belarus
Brazil
Canada
Chile
China
Colombia
Czech Republic
Denmark
France
Georgia
Germany
Greece
Israel
Italy
Japan
Morocco
Netherlands
Norway
Poland
Portugal
Romania
Russia
Serbia
Slovakia
Slovenia
South Africa
Spain
Sweden
Switzerland
Taiwan
Turkey
UK
USA
CERN
JINR

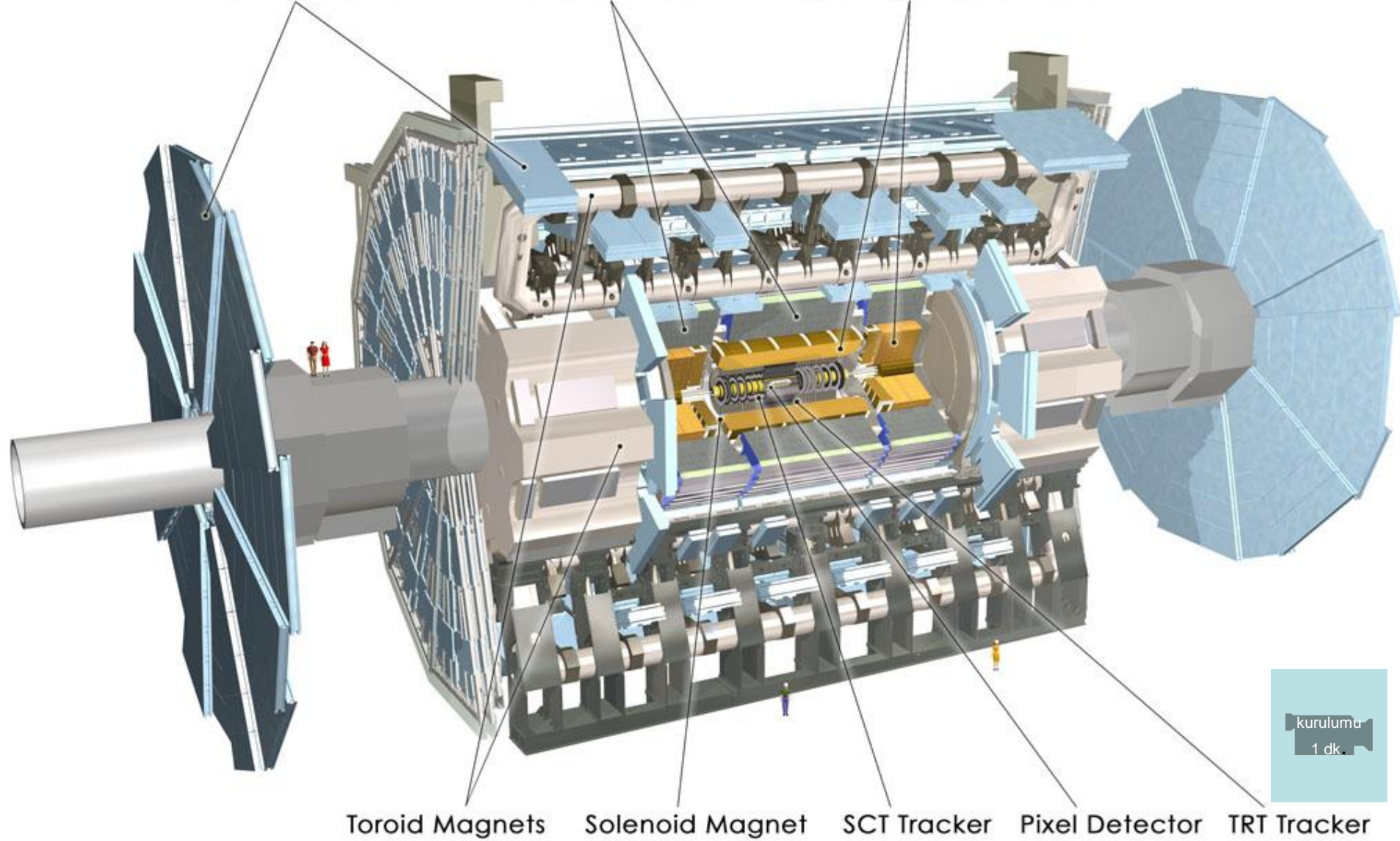
- ATLAS Deneyi CERN Konseyi tarafından 1996'da onaylandı
- 38 ülkeden 180 kurum
- ~3000 kolaborasyon üyesi

ATLAS Algiç Sistemi

Muon Detectors

Tile Calorimeter

Liquid Argon Calorimeter



Toroid Magnets

Solenoid Magnet

SCT Tracker

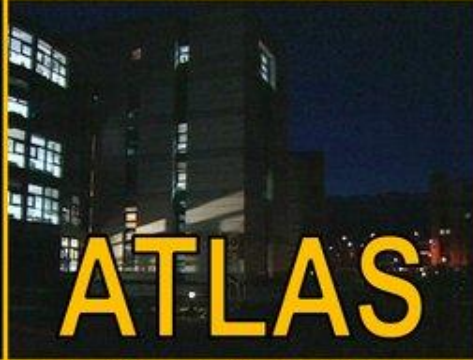
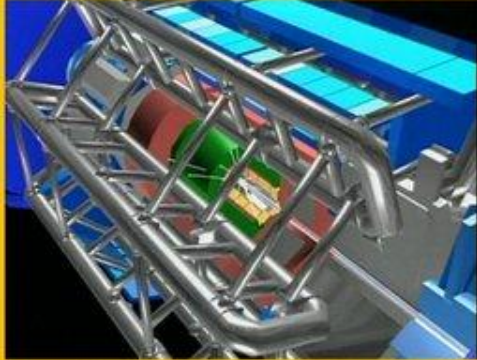
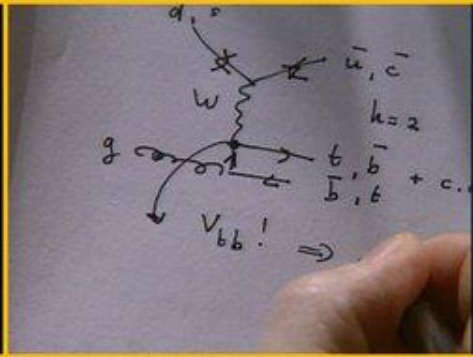
Pixel Detector

TRT Tracker

kurulumu
1 dk.



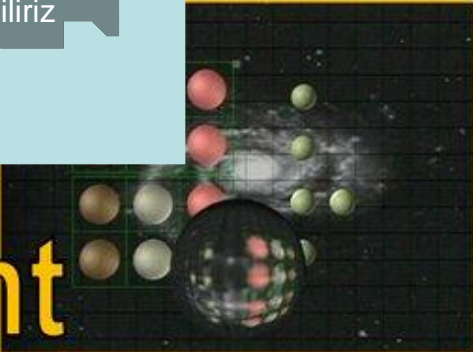
The



ATLAS



Artık deney yapabiliriz



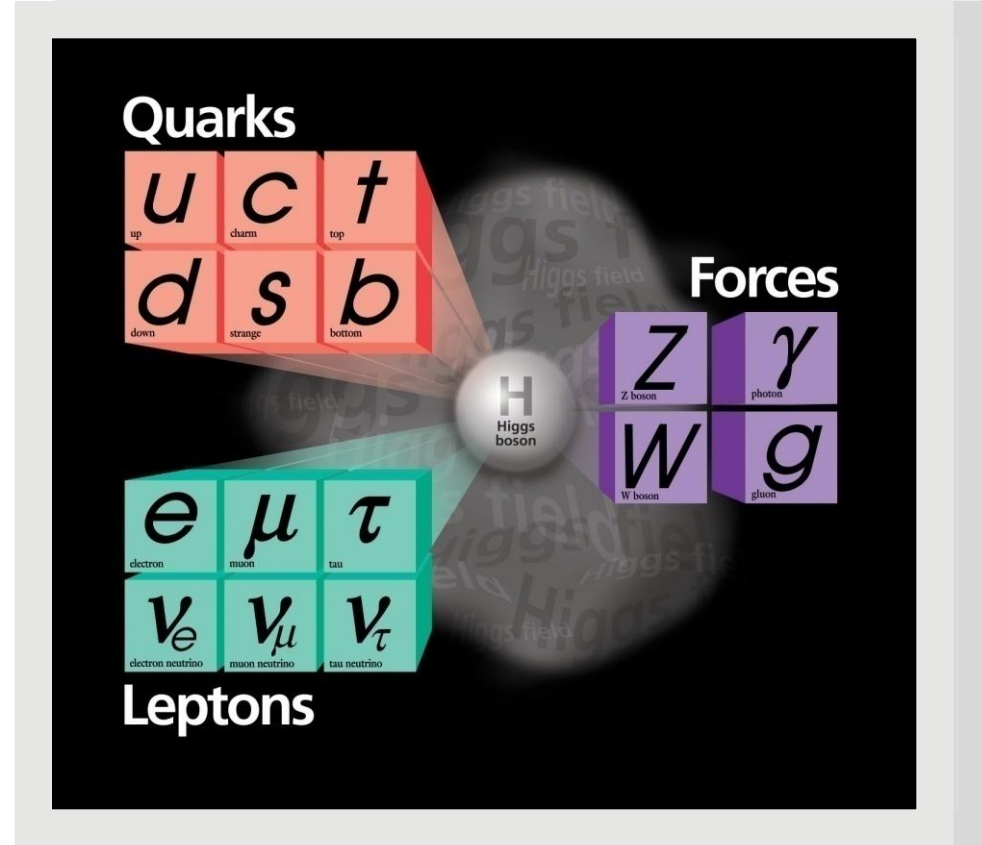
Experiment



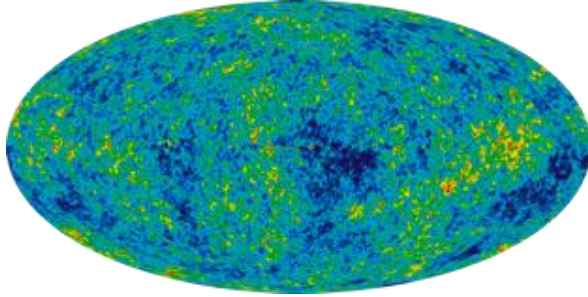
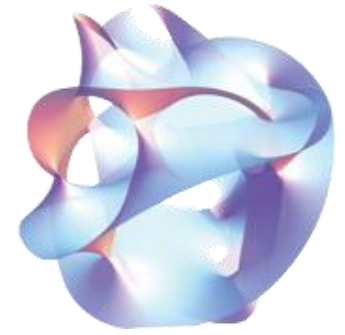
<http://atlas.ch>

Bu Çarpışmalarda Ne Arıyoruz?

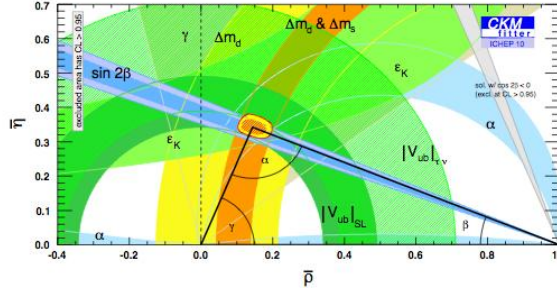
- Evrende gördüğümüz bütün madde 12 tane temel parçacık ve bunların birleşmesinden oluşan parçacıklardan oluşuyor
- Aralarında etkileşmeler (yerçekimi dışında) 4 tane kuvvet taşıyıcı parçacık tarafından sağlanıyor
- Standart Model ile hesap yapmamız için deneysel verilere ihtiyacımız var, parçacık kütleleri gibi
- Parçacıklara kütlelerini verdiği düşünülen Higgs parçacığını 50 yıl aramadan sonra 2012'de keşfettik!



Başka Hangi Sorulara Cevap Arayabiliyoruz?



CMB, büyük ölçekte yapı



β -bozunmaları, kaon ve B mezonlarının bozunmaları

Evrenimiz:

4.5% baryonik madde

23% karanlık madde

73% karanlık enerji

?

Anti-madde:

Nerede?

Laboratuvarda maddeye tıpatıp benzeriyor. Ama neden her yerde madde var da antimadde yok?

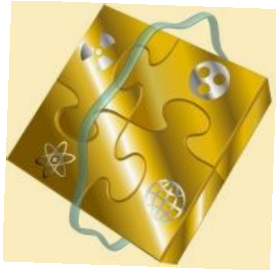
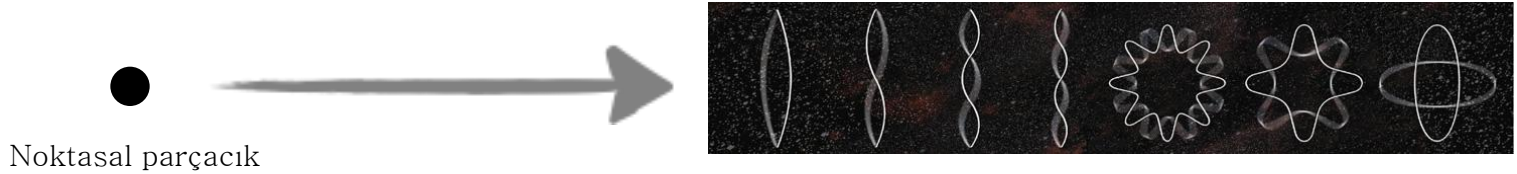
Yerçekimi:

Neden diğer etkileşimlerden çok çok çok zayıf?

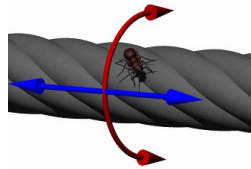
- Neden Standard Model ile uyuşan bir kuramını yazmak bu kadar zor?

Standart Model Ötesi

Yerçekimini ve Standard Modeli de içine alacak bir kuram yazabilmek, herşeyi açıklayabilen bir kurama ulaşmak fiziğin 20. yüzyılda en büyük hedeflerinden biri.



?

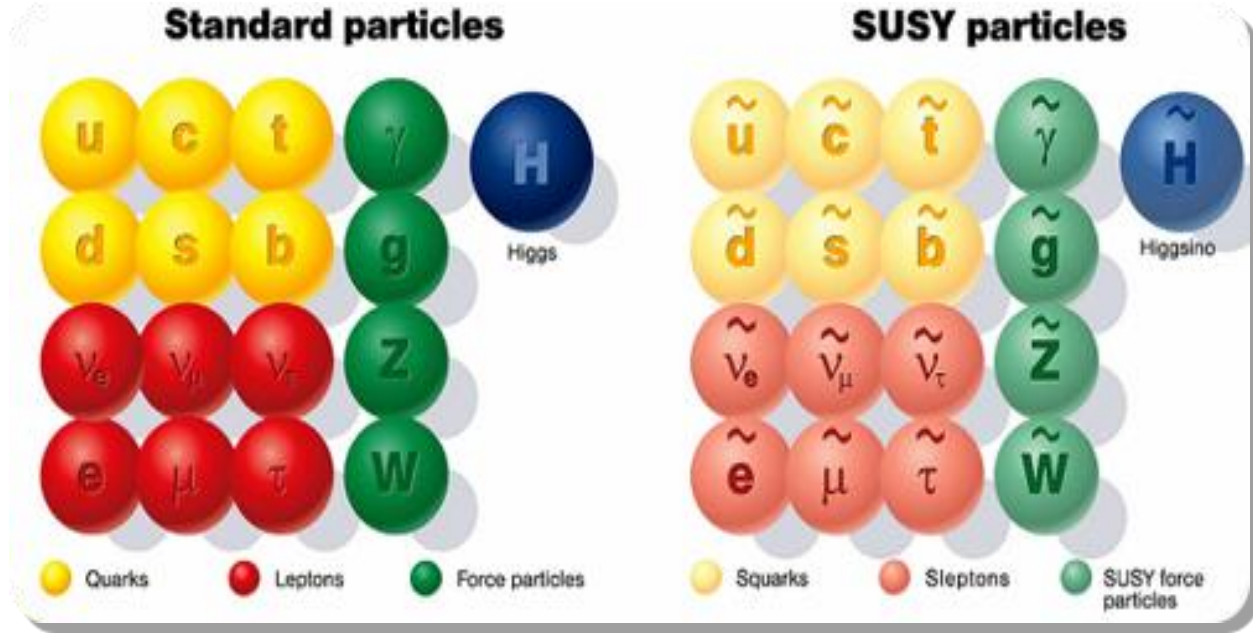


Sicim teorisi bu amaca ulaşması (şu an için) en muhtemel teori, ama uzay zamanın $3+1$ yerine $9+1$ boyutlu olması gerektiğini söylüyor !!!

Standart Model Ötesi

Sicim teorisinin sadece 6 yeni boyuta ihtiyacı yok, bundan başka daha gözlemediğimiz Süpersimetri diye bir simetriye de gereksinim duyuyor.

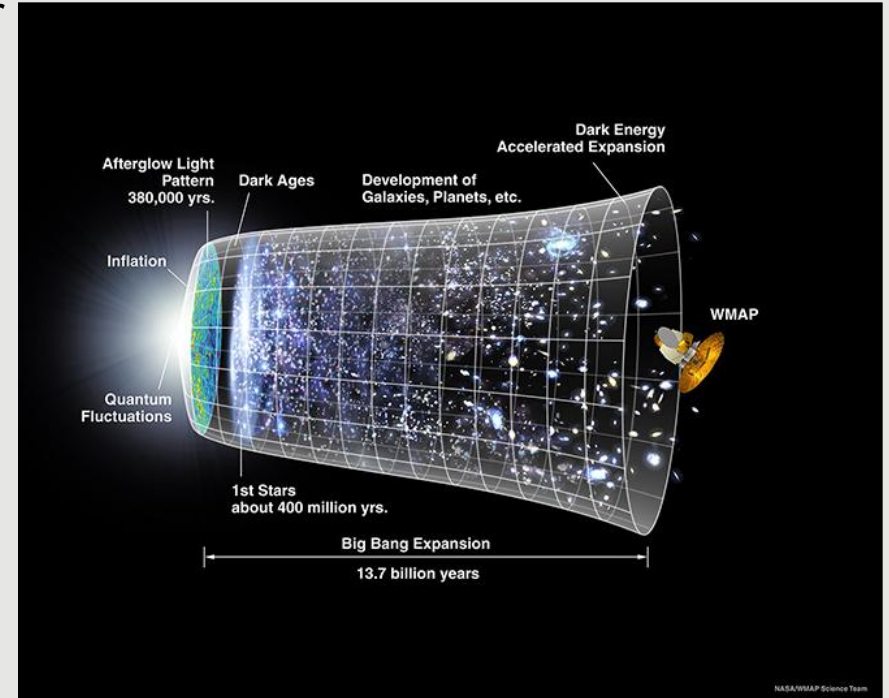
Süpersimetriye gerçekten varsa bildiğimiz her bir parçacığın ağır bir kardeş parçacığı olmak zorunda ve bunlardan daha hiçbirini deneysel olarak gözlemedik.



Bazı modellerde bu yeni parçacıklardan en hafifi Karanlık Maddeyi oluşturuyor.

Standart Model Ötesi

- Yaptığımız ölçümler gösteriyor ki evrendeki maddenin anti-maddeye oranı Standard Model hesaplarından bir milyar kat daha fazla
- Evrende gözlemlediğimiz Standard Model'in içindeki madde evrenin sadece %4'ünü oluşturuyor
- Yerçekimi etkilerinden anladığımız evrenin %26'sı göremediğimiz Kara Maddeden (Dark Matter) oluşuyor
- Geri kalan %70 aynı şekilde dolaylı gözlemlediğimiz Karanlık Enerji (Dark Energy)



Higgs Mekanizması

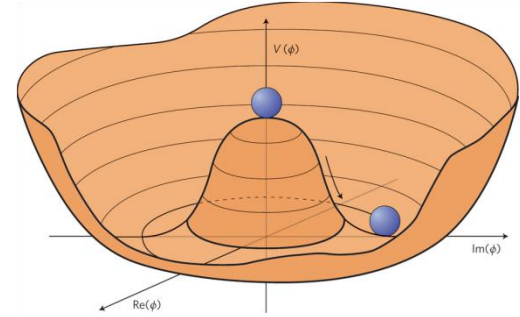
Çok güzel ve basit bir fikir.

SM'de her "hesabın / formülün"
güzel bir simetrisi var. Herşey

simetrikken değişik bozonların (foton,
W, Z) kütleleri nasıl farklı olabiliyor?

Cevap: Kendiliğinden simetri kırılması.

Fikrin babaları: Higgs & Englert, Brout
& Guralnik, Hagen & Kibble (1964-67)

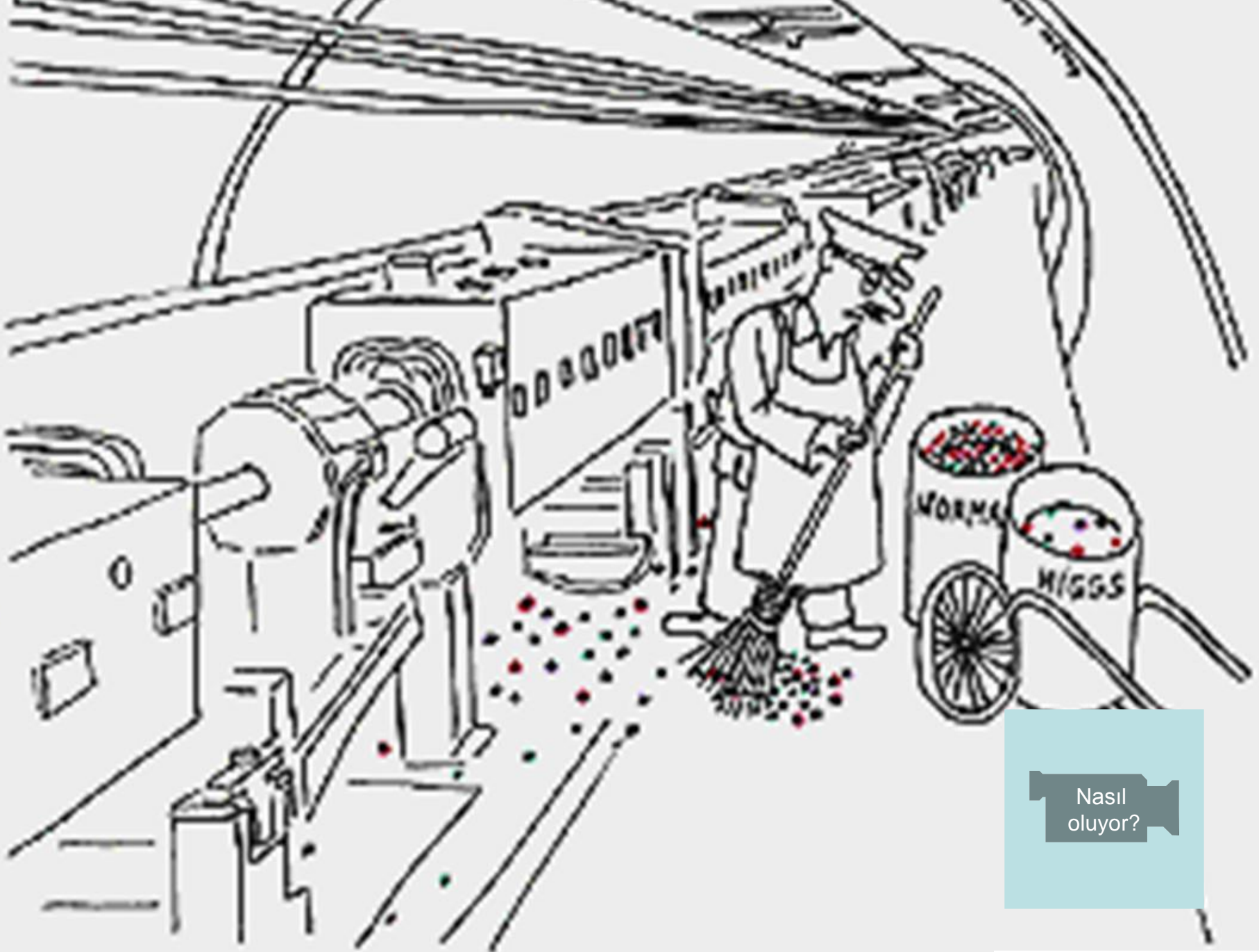


Higgs Alanı



1993'de David Miller'ın analogjisi

• <http://www.hep.ucl.ac.uk/~djm/higgsa.html>



Nasıl oluyor?

4 Temmuz 2012

50 yıllık çabamızın sonunda elde ettiğimiz sonuçları gururla paylaşıyoruz: Higgs bozonunu aradığımız yerde, beklediğimiz özelliklerde yeni bir bozon bulduk!

Bu CERN'deki fizikçilerin başarısı değil sadece.

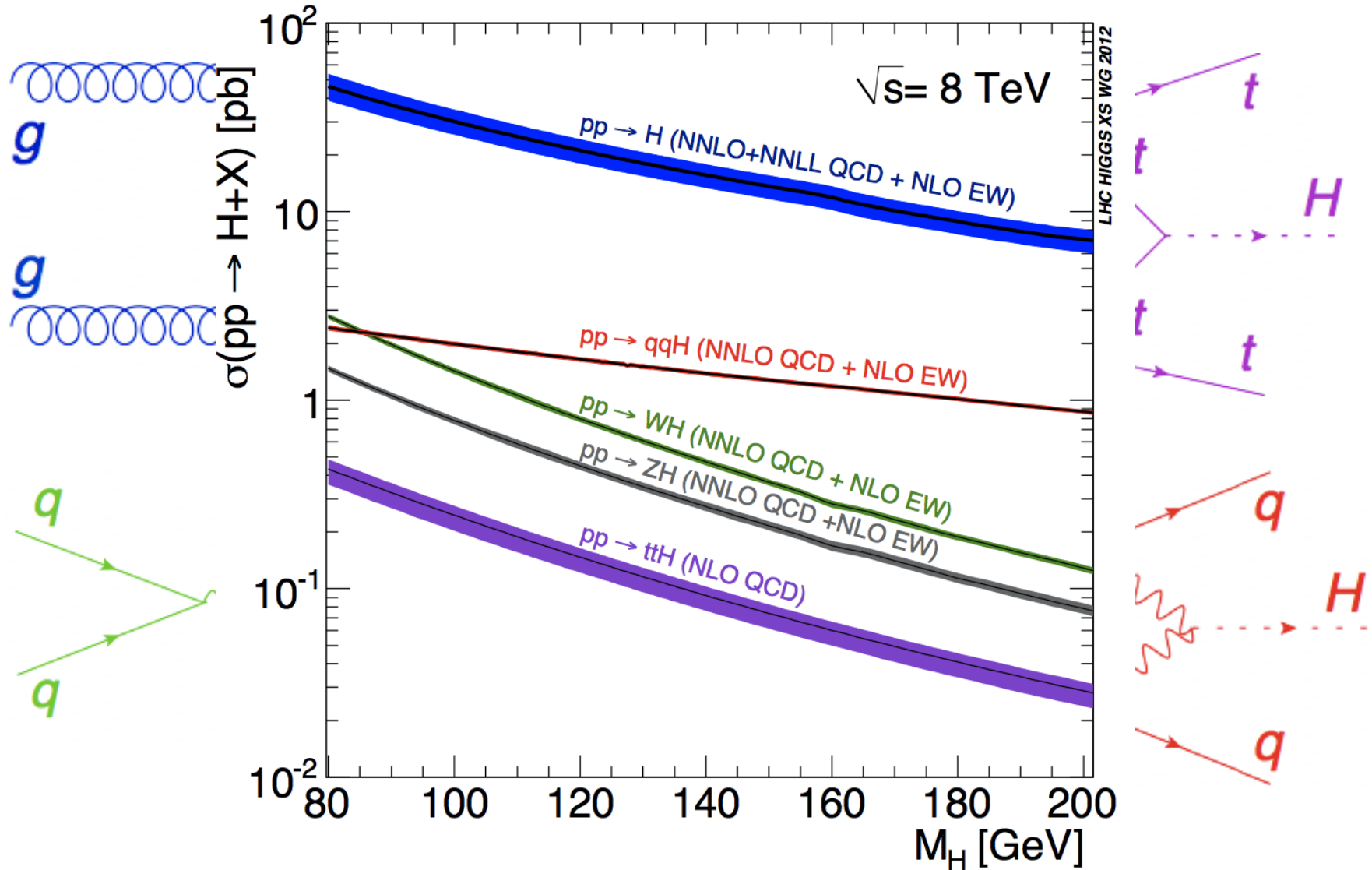
Hızlandırıcı, bilgisayar ve dedektörleri geliştiren veya kilometrelerce tünel kazan fizikçi ve mühendislerin, LHC'nin her bir vidasını sıkan teknisyenlerin de değil.

Hatta CERN'ün çalışabilmesi için her yıl, yılda bir kahve eksik içmeyi kabul eden Avrupa ülkelerinin vatandaşlarının da değil.

Felsefecilerin, düşünceleri ve kavramları resmeden sanatçıların, hayallerimizi canlandıran bilimkurgu yazarlarının, tüm bilim insanlarının, bilime destek veren vizyon sahibi devlet adamlarının...

Kısacası doğanın güzelliği karşısından heyecanlanan tüm insanlığın başarısı!

Higgs'in LHC'de Oluşma Mekanizması



Higgs'in Bozunumları

$H \rightarrow \gamma\gamma$

$H \rightarrow \tau\tau$

$H \rightarrow ZZ \rightarrow 4 \text{ leptons}$

$H \rightarrow ZZ \rightarrow 4e$

$H \rightarrow ZZ \rightarrow 4\mu$

$H \rightarrow ZZ \rightarrow 2e 2\mu$

$H \rightarrow ZZ \rightarrow ll qq$

$H \rightarrow WW$

$H \rightarrow WW \rightarrow lv l$

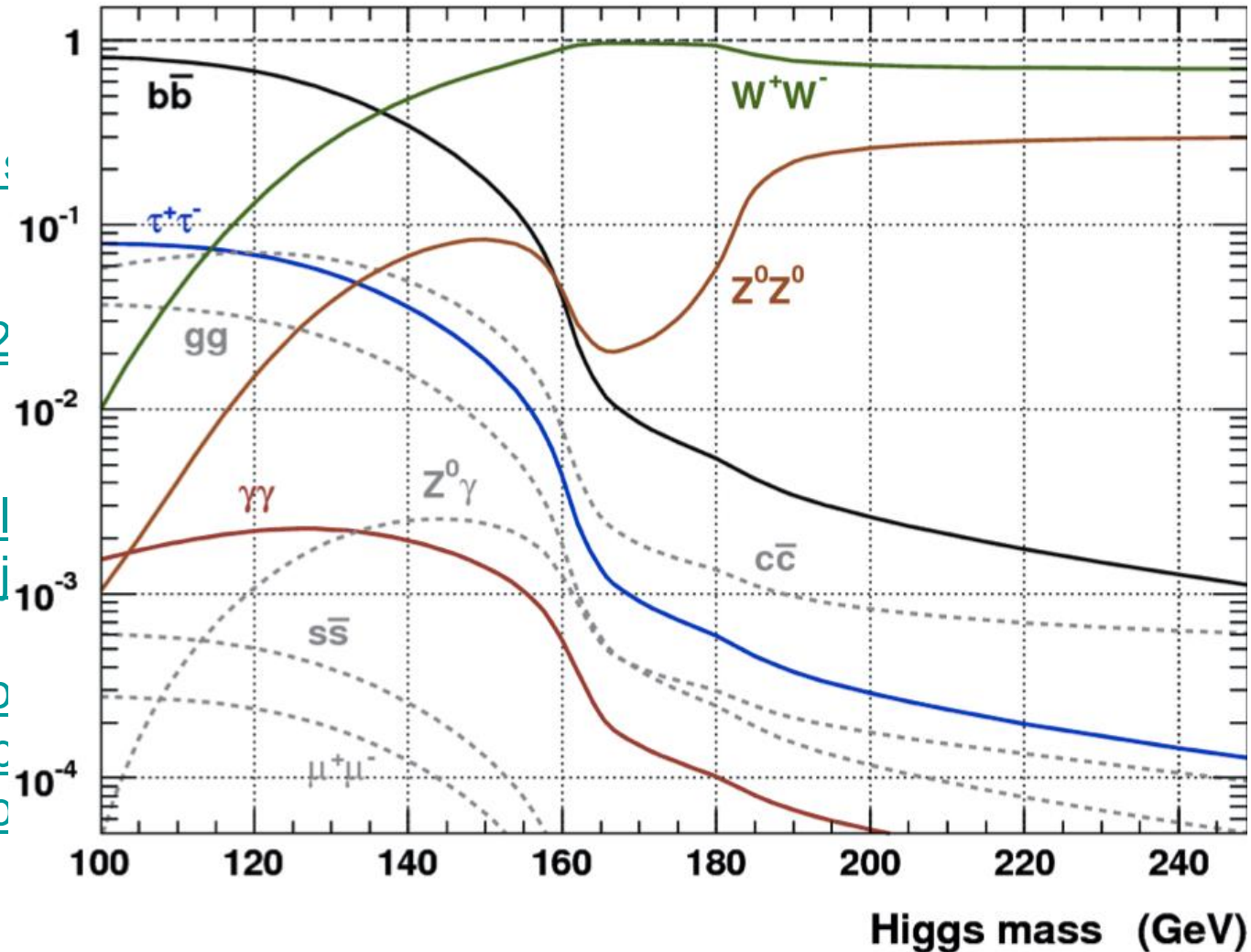
$H \rightarrow WW \rightarrow lv j$

$H \rightarrow ZH/WH$

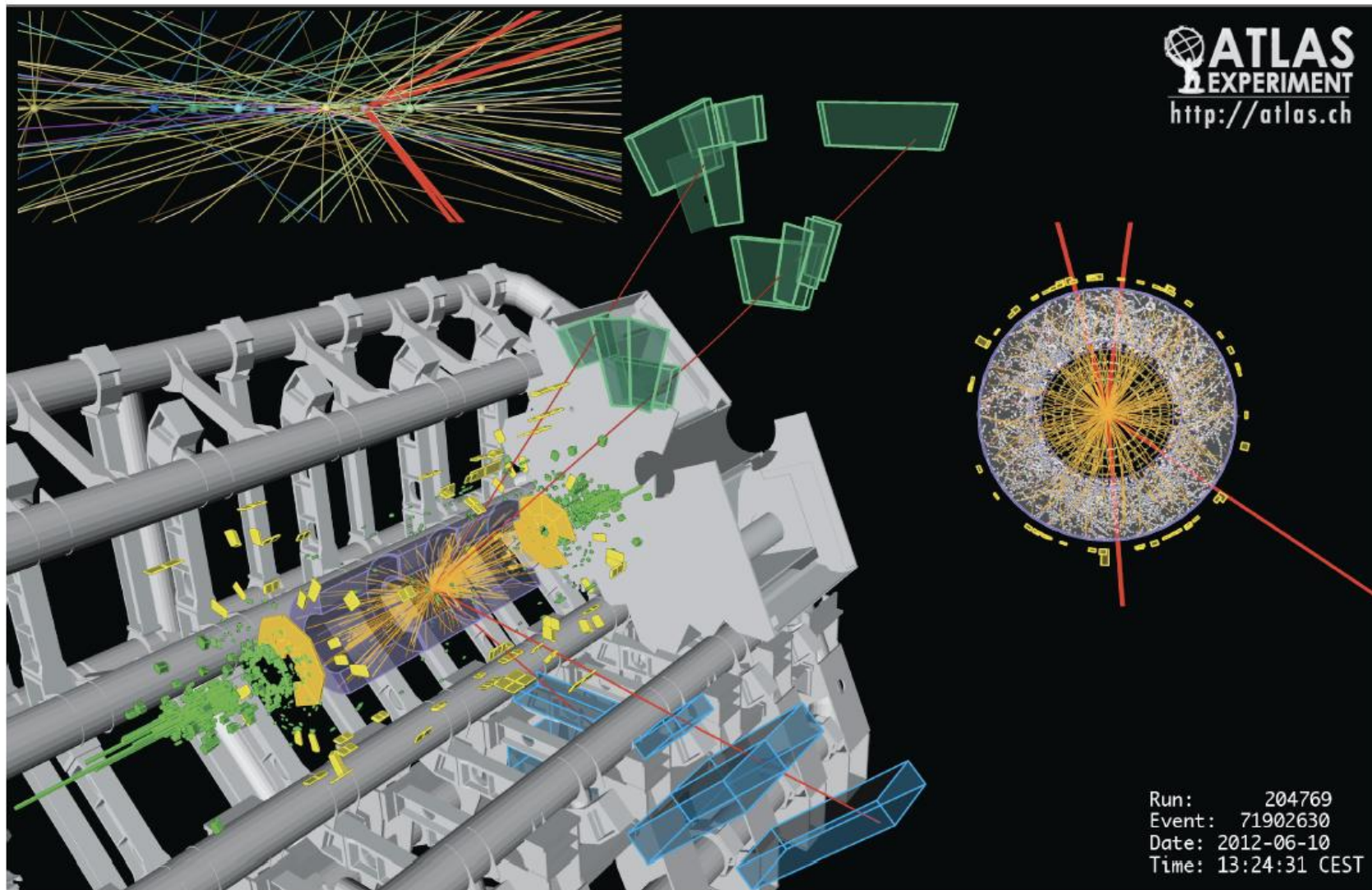
$H \rightarrow ZH \rightarrow ll bb$

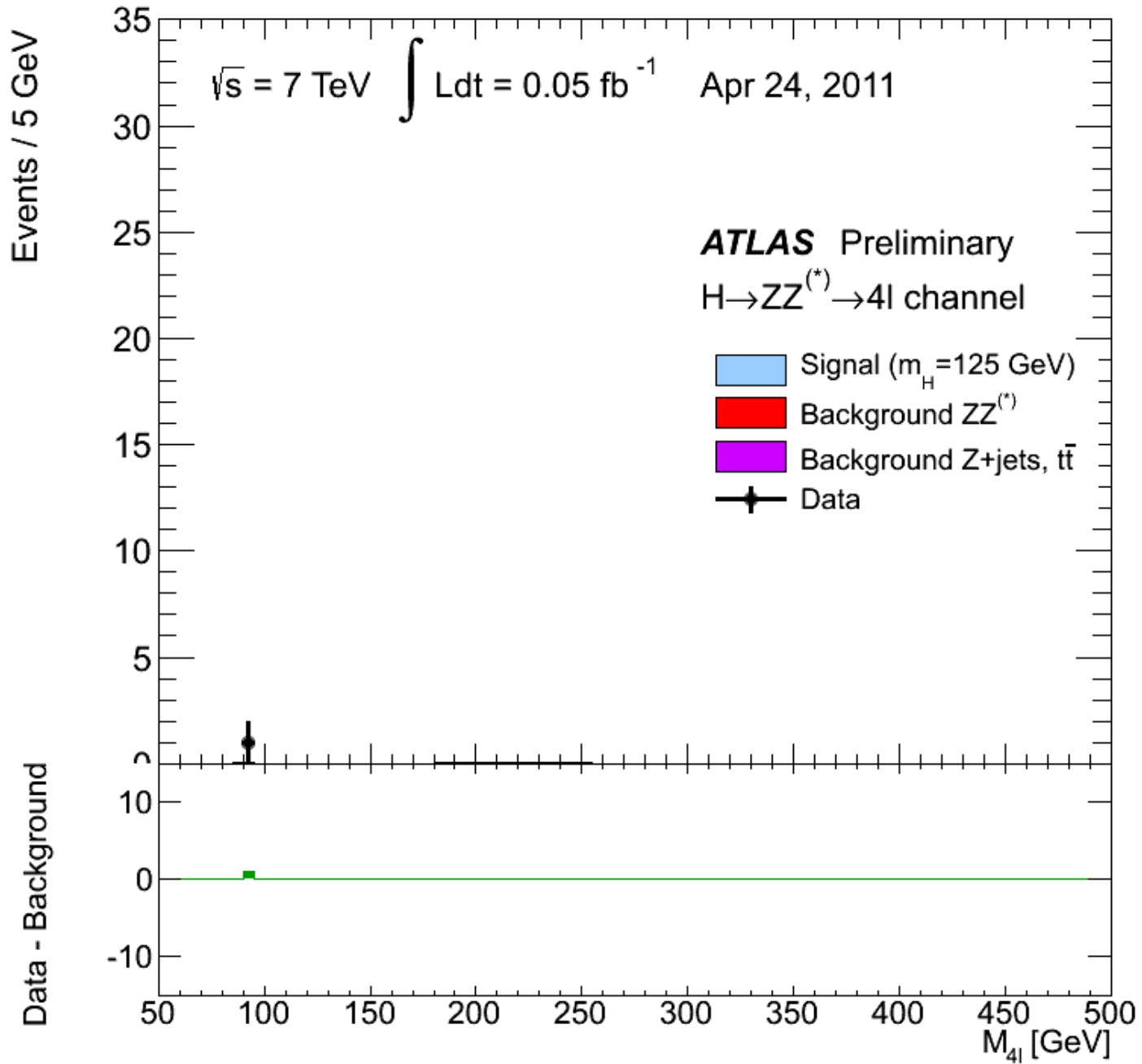
$H \rightarrow WH \rightarrow lv b$

$H \rightarrow ZH \rightarrow \nu\nu b$

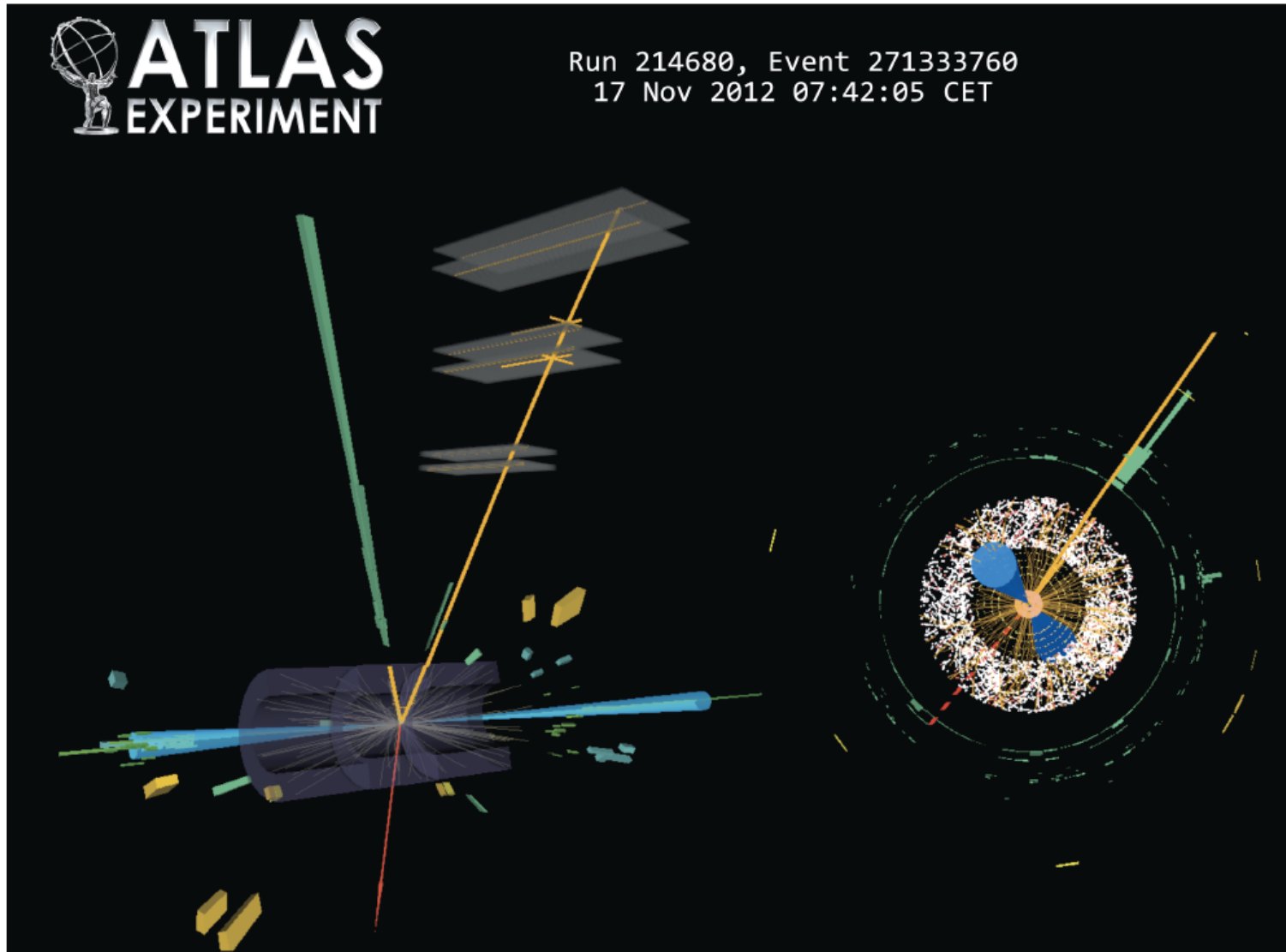


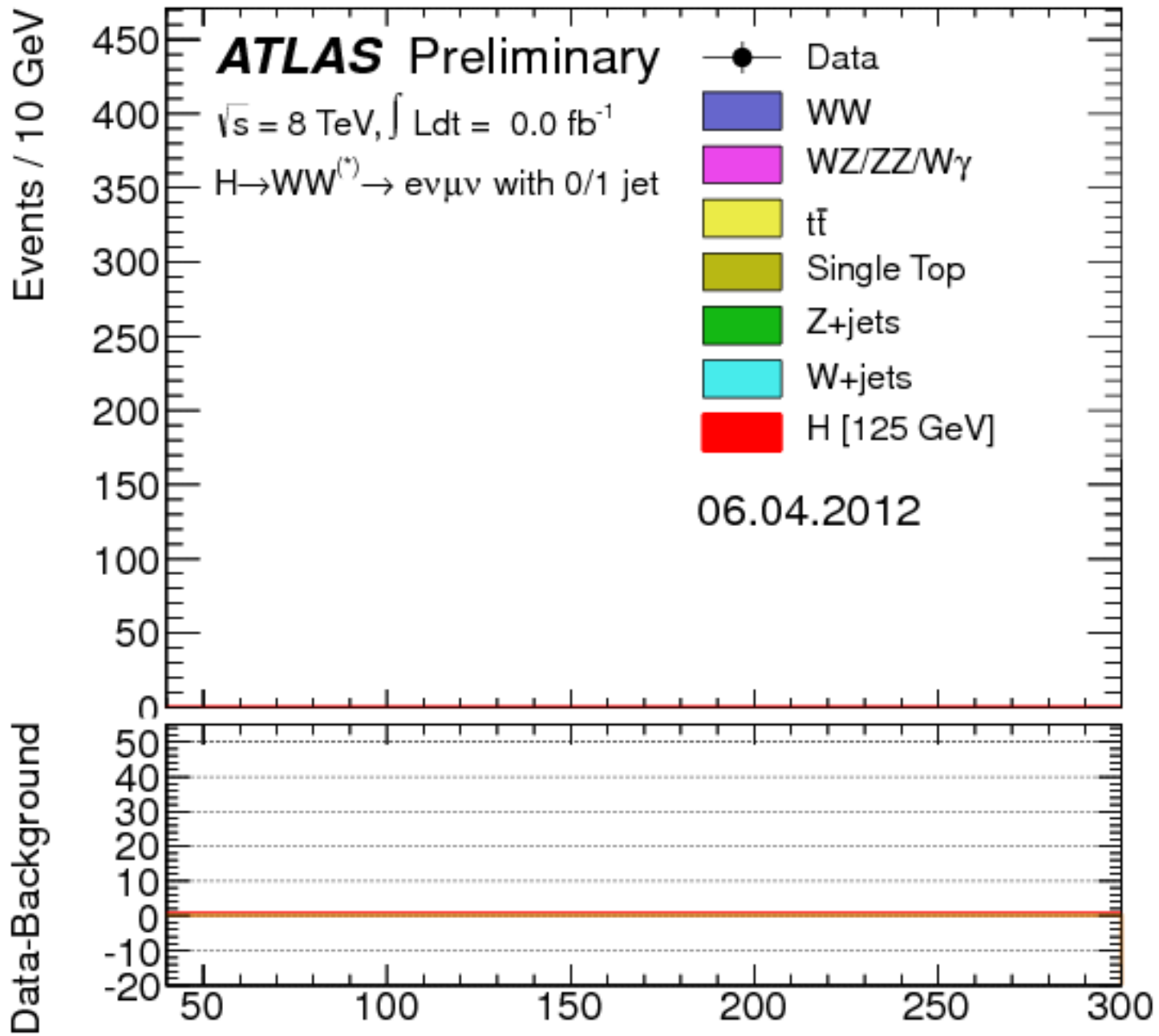
$$H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4e$$



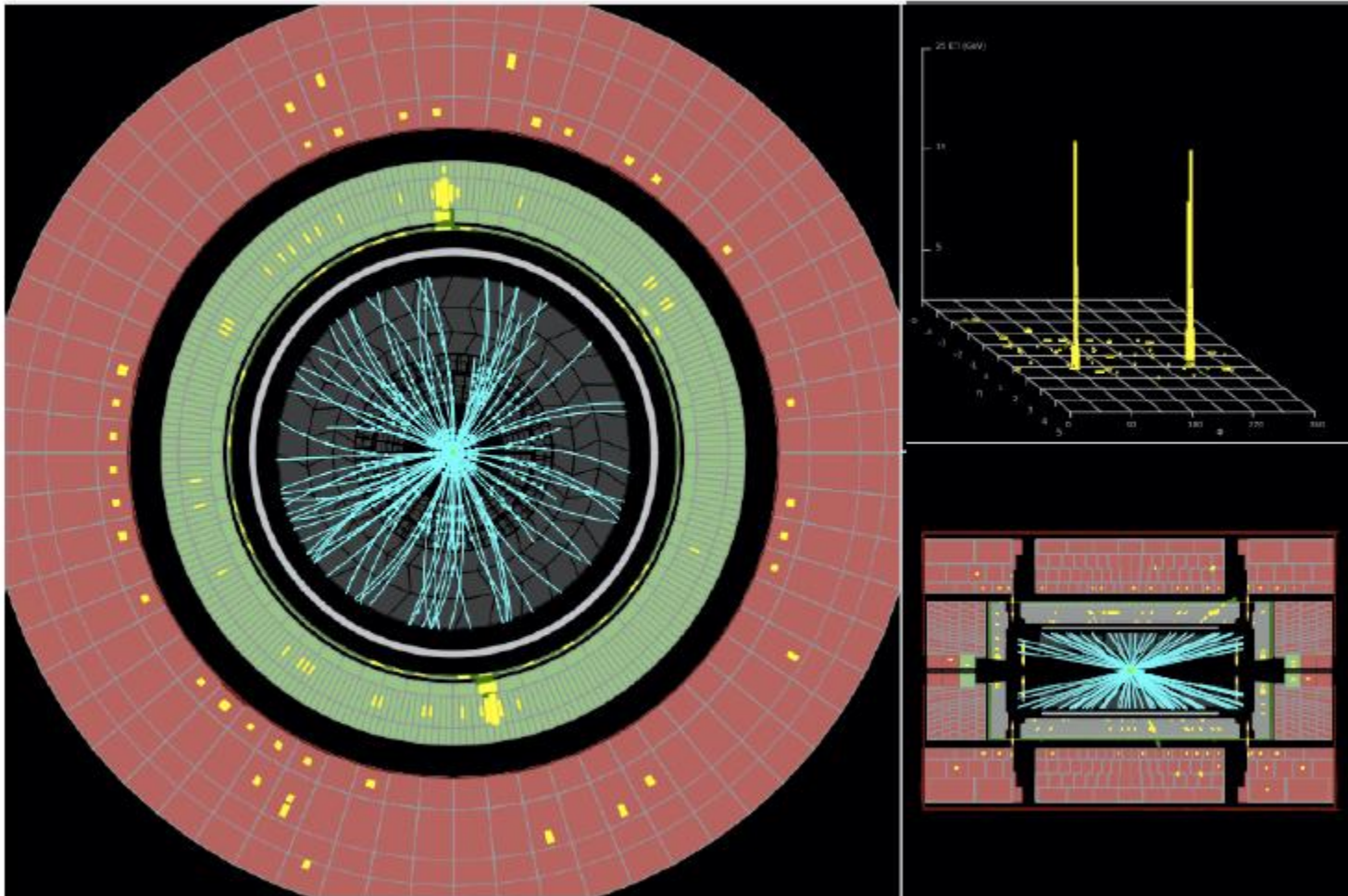


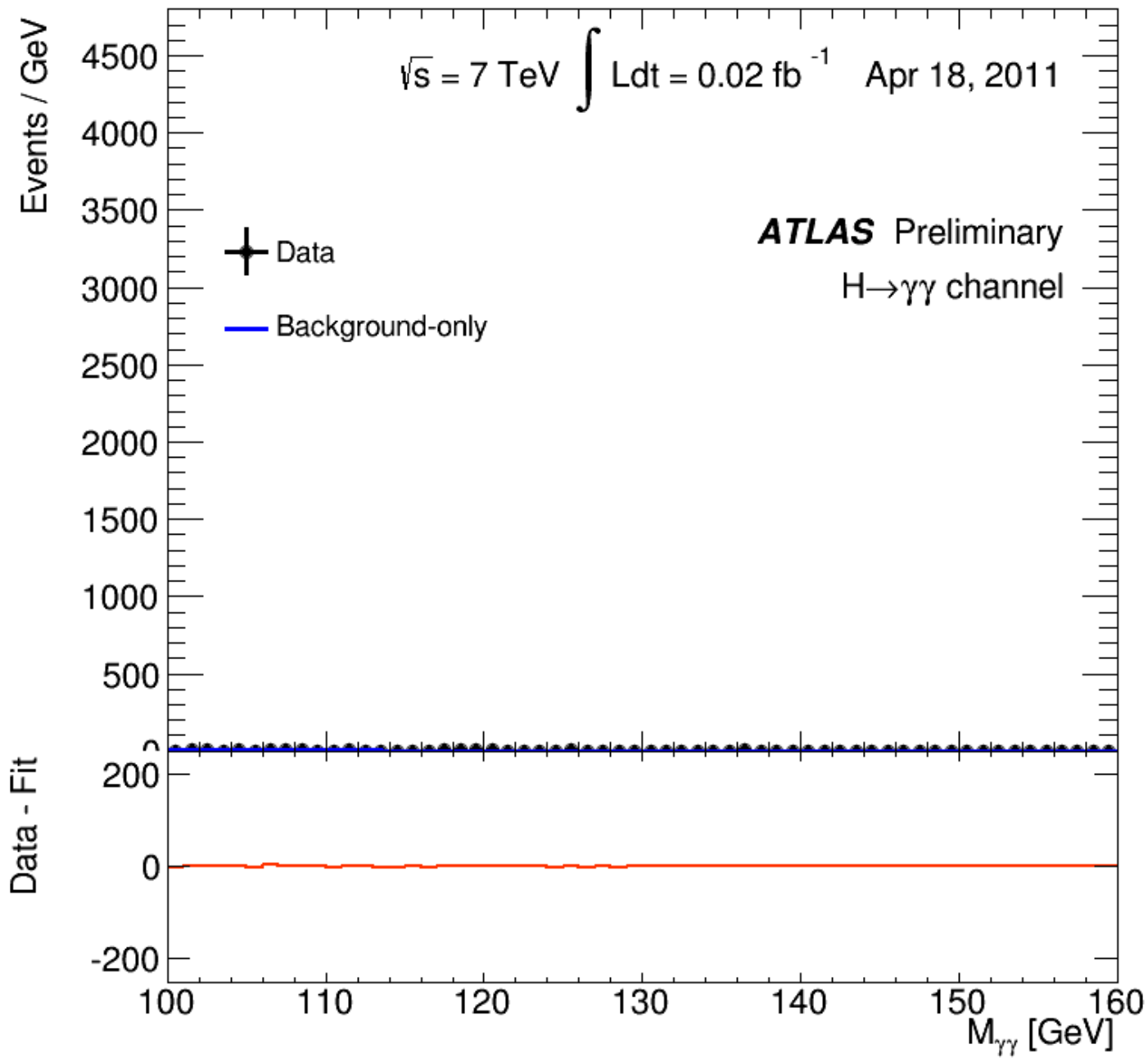
$$H \rightarrow WW^* \rightarrow ll + 2\nu$$



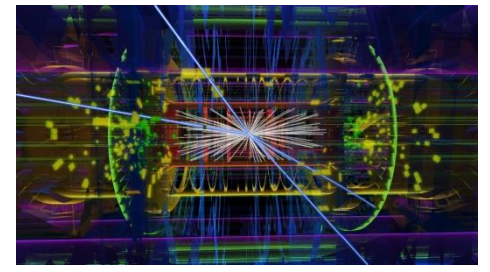


$$H \rightarrow \gamma\gamma$$





2013 FİZİK NOBEL ÖDÜLÜ



- 2013 yılı Fizik Nobel Ödülü açıklaması 8 Ekim 2013 tarihinde İsveç Kraliyet Bilimler Akademisi'nde şu cümle ile başladı: "***Bu yılki Fizik Nobel Ödülü tüm farkı yaratan çok küçük bir şey hakkında.***"

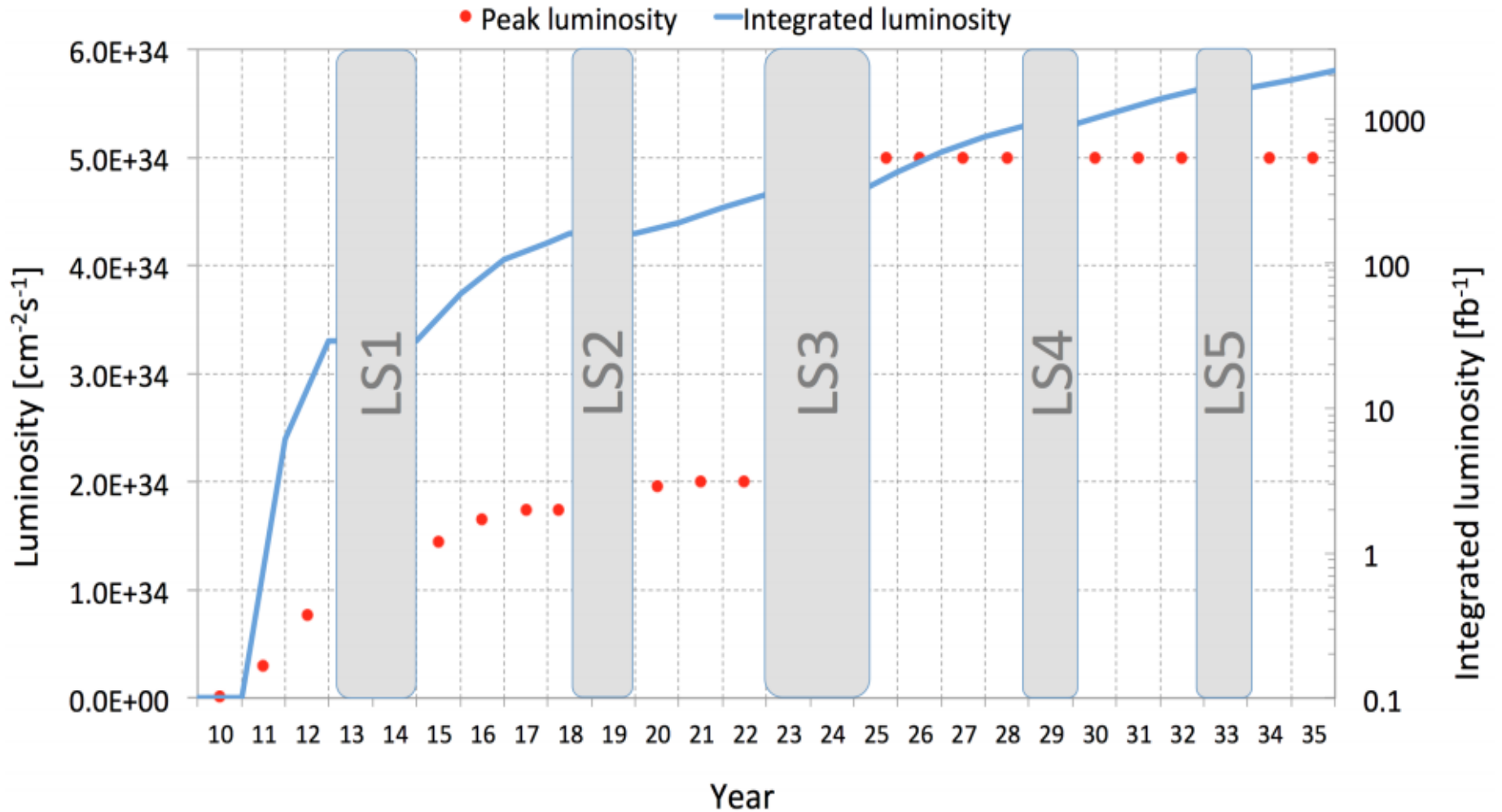
-Ödülü Belçika Universite Libre de Bruxelles'den **Profesör François Englert** ve Birleşik Krallık University of Edinburgh'dan **Profesör Peter Higgs** ortak olarak kazandı. Akademi açıklamasında ödüle dair yapılan alıntı ise şöyle: "***Atomaltı parçacıkların kütlelerinin kaynağını anlamamıza yardımcı olan ve öngördüğü temel parçacığın yakın geçmişte CERN Büyük Hadron Çarpıştırıcısındaki ATLAS ve CMS deneylerinde bulunmasıyla doğrulanan bir mekanizmanın kuramsal keşfi için ...***"



Büyük Hadron Çarpıştırıcısında neler oldu / oluyor / olacak ?

- Tasarlanırken 2005'te başlatılması hedefleniyordu...
- 10 Eylül 2008'de başladı, 19 Eylül 2008'de arızalandı
- 23 Ekim 2009'da parçacıklar tekrar enjekte edildi ama döndürülmedi
- 20 Kasım 2009'da proton hüzmeleri döndürülmeye başlandı (düşük enerji $\sim 0,45$ TeV)
- 23 Kasım 2009'da proton hüzmeleri iki yönde aynı anda döndürülmeye başlandı ve ilk çarpışmalar gerçekleşti (düşük enerji $\sim 0,90$ TeV kütle merkezi enerjisi)
- 30 Kasım 2009'da mevcut rekor enerji olan $0,98$ TeV aşılarak $1,18$ TeV'lik hüzmeler her iki yönde döndürüldü ve $2,36$ TeV kütle merkezi enerjisinde 16 Aralık 2009'a kadar çarpışma olayları gerçekleştirilerek veri alındı (~ 1 milyon çarpışma).
- 28 Şubat 2010'da hüzmeler tekrar döndürülmeye başlandı.
- 19 Mart 2010'da ilk $3,5$ TeV'lik proton hüzmesi döndürüldü ve 23 Mart'ta iki yönde $3,5$ TeV'lik hüzmeler rutin olarak döndürülmeye başlandı.
- 30 Mart 2010'da $3,5$ TeV'lik proton hüzmelerinin çarpışmaları başladı (7 TeV kütle merkezi enerjisi). Bu enerjide 2011'in sonuna kadar veri alındı ve hüzmeler daha da sıkıştırılarak ışınlık değerleri artırıldı. Nisan 2012'de 4 TeV'lik hüzmelerle 8 TeV kütle merkezi enerjide çarpışmaları başladı ve sene boyunca sürdü. Şubat 2013'te iyileştirme çalışmaları için durduruldu, 2015 ortasında tekrar başladı ve uzun süre veri alınacak...

2010 - 2035



The CERN Experimental Programme

Grey Book database

[Welcome](#)[Experiments & Projects](#)[Institutes](#)[Participants](#)

RESEARCH PROGRAMME

- LHC
- SPS
- PS
- AD
- ISOLDE Facility
- Irradiation Facility
- Neutrino Platform
- GRADE
- CTF3
- R&D
- Non-accelerator experiments

RESEARCH ACTIVITIES

- Experiments and Projects under Study
- Recognized Experiments
- Completed Experiments

RELATED LINKS

- EP Department
- Users' Office
- Scientific Committees
- Conditions for experiments
- Accelerators and Beams
- Machine Schedules

EXPERIMENTS

INSTITUTES

SCIENTISTS

PROJECTS

RESEARCH

CERN'de sadece LHC deneyleri yok!

Türkiye'nin CERN ile Bilimsel İşbirliği

Türkiye – CERN İlişkileri

- Ülkemizin CERN ile ilişkisi **1961** yılında ve ilk defa Türkiye'ye tanınan **gözlemci statüsü** ile başlamıştır.
- **Başlarda bireysel çabalarla** başlatılan bilimsel çalışmalar daha sonra Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (**TÜBİTAK**) ve Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (**TAEK**) tarafından değişimli olarak sağlanan kısmi mali destekler ile sürdürülmüştür.
- **2006** yılında Başbakanlıkça yapılan görevlendirme ile **TAEK**, CERN ile ilgili ülkemizde yürütülen faaliyetleri koordine etmek, bilimsel faaliyetlere katılmak, ülkemizde yürütülen çalışmalara mali destek sağlamak ve CERN çalışmalarında ülkemizi temsil etmek üzere **görevlendirilmiştir**.
- **TAEK-CERN İşbirliği Anlaşması 2008** yılında imzalanmıştır.
- Türkiye **2009** yılında **CERN tam üyeliği** için başvuru yapmıştır.
- **2010** yılında, **CERN Konseyi** Türkiye'nin başvurusunu, aynı dönemde başvuran diğer dört ülkeyle birlikte (İsrail, Sırbistan, Slovenya, Güney Kıbrıs) kabul ederek **süreci başlatmıştır**.
- **2011** yılında **CERN** tarafından kurulan bir **inceleme heyeti** Türkiye'ye gelerek yerinde incelemelerde bulunmuştur. Bu incelemeler sonucunda CERN Konseyine son derece olumlu bir rapor iletildiği bildirilmiştir.
- Türkiye **2012** yılında **CERN tam üyelik başvurusunu geri çekmiş**, başvurusunu **asosiye üyelik olarak** değiştirdiğini bildirmiştir.
- **Mayıs 2015'te** Türkiye'nin **CERN asosiye üyeliği** resmileşmiştir.

Türkiye'nin Katıldığı CERN Araştırmaları

- 1980 öncesinde:
 - NA31/2, PS160 and WA17
- 1980 ve 1990'larda:
 - CHORUS, SMC, CHARM-II
- 1990 sonrasında:
 - ALICE, AMS, ATLAS, CAST, CLIC, CMS, FCC, ISOLDE, LHeC, OPERA, RD51
- Şu anda yaklaşık 150 Türk vatandaşı çeşitli CERN deney ve programlarında yer almaktadır. Bu sayının dörtte üçünden fazlası Türk kurumlarından.
- Türkiye'den kurumların işbirliği üyesi oldukları CERN deney ve programlarına ait detaylar ileriki sayfalarda yer almaktadır.

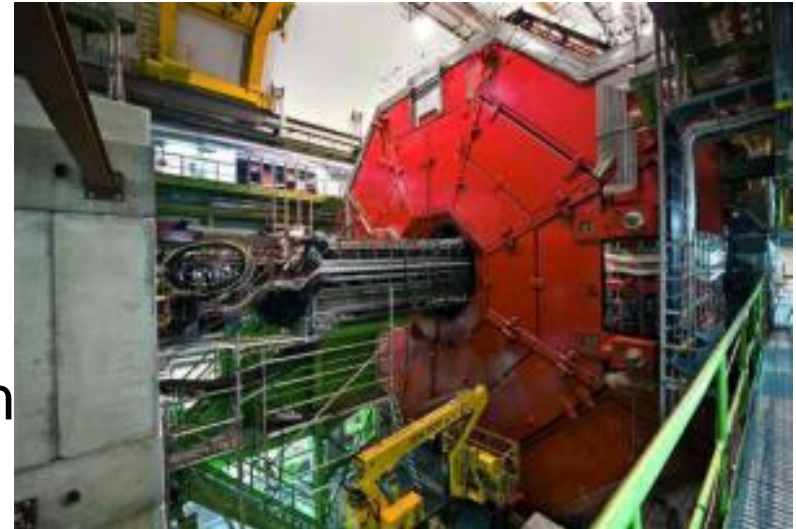
Türkiye'den kurumların katıldığı CERN İşbirlikleri: **ALICE**



ALICE

- **ALICE (A Large Ion Collider Experiment)**
 - Büyük Hadron Çarpıştırıcısında kurşun atomlarının çarpıştırılması sonucu ortaya çıkan kuark-gluon plazmayı inceler.
 - 37 ülkeden, 154 kurumdan 1500'den fazla bilim insanı
 - <http://alice-collaboration.web.cern.ch/>

- KTO Karatay Üniversitesi
 - Takım lideri:
Ayben Karasu Uysal
ayben.karasu.uysal@cern.ch



Türkiye'den kurumların katıldığı CERN İşbirlikleri: AMS



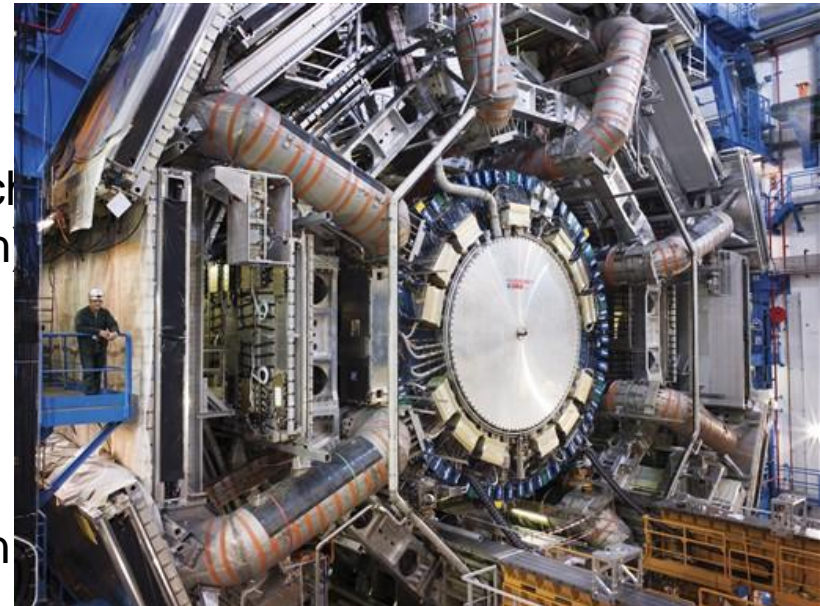
- **AMS (Alfa Magnetic Spectrometer)**
 - Uluslararası Uzay İstasyonu üzerinde kurulu bir algıç sistemi ile karanlık madde ve karşı madde araştırmaları ile kozmik ışınların hassas ölçümlerini yapar.
 - 16 ülkeden, 56 kurumdan 600'den fazla bilim insanı
 - <http://www.ams02.org/>
- **ODTÜ**
 - Takım lideri:
Bilge Demirköz
bilge.demirkoz@cern.ch



Türkiye'den kurumların katıldığı CERN İşbirlikleri: ATLAS



- **ATLAS(A Toroidal LHC ApparatuS)**
 - Büyük Hadron Çarpıştırıcısında proton çarpışmaları sonucunda ortaya çıkan fizik süreçlerini inceleyen çok amaçlı algıç sistemidir.
 - 38 ülkeden, 180 kurumdan 5000'den fazla bilim insanı
 - <http://atlas.cern/>
 - Ulusal İrtibat Sorumlusu: Serkant Ali Çetin (serkant.cetin@cern.ch)
- Boğaziçi Üniversitesi Kümesi:
Takım Lideri: Erkcan Özcan
 - Boğaziçi Ü. (erkcan.ozcan@cern.ch)
 - Bahçeşehir Ü. (andrew.beddall@cern.ch)
 - İstanbul Bilgi Ü. (serkant.cetin@cern.ch)
 - Gaziantep Ü. (ayda.beddall@cern.ch)
- Ankara Üniversitesi Kümesi:
Takım Lideri: Orhan Çakır
 - Ankara Ü. (orhan.cakir@cern.ch)
 - İstanbul Aydın Ü. (ilkay.turk.cakir@cern.ch)
 - TOBB ETÜ (salekh.sultanov@cern.ch)



Türkiye'den kurumların katıldığı CERN İşbirlikleri: **CAST**



- **CAST(CERN Axion Solar Telescope)**
 - Güneşi takip eden güçlü bir elektromıknatis ve düşük arkaplanlı x-ışını algıçlarıyla karanlık madde ve karanlık enerji adayı parçacıkları araştırır.
 - 13 ülkeden, 21 kurumdan 100 bilim insanı
 - <http://cern.ch/cast>

- İstanbul Bilgi Üniversitesi
 - Takım lideri:
Serkant Ali Çetin
serkant.cetin@cern.ch



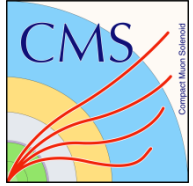
Türkiye'den kurumların katıldığı CERN İşbirlikleri: CLIC



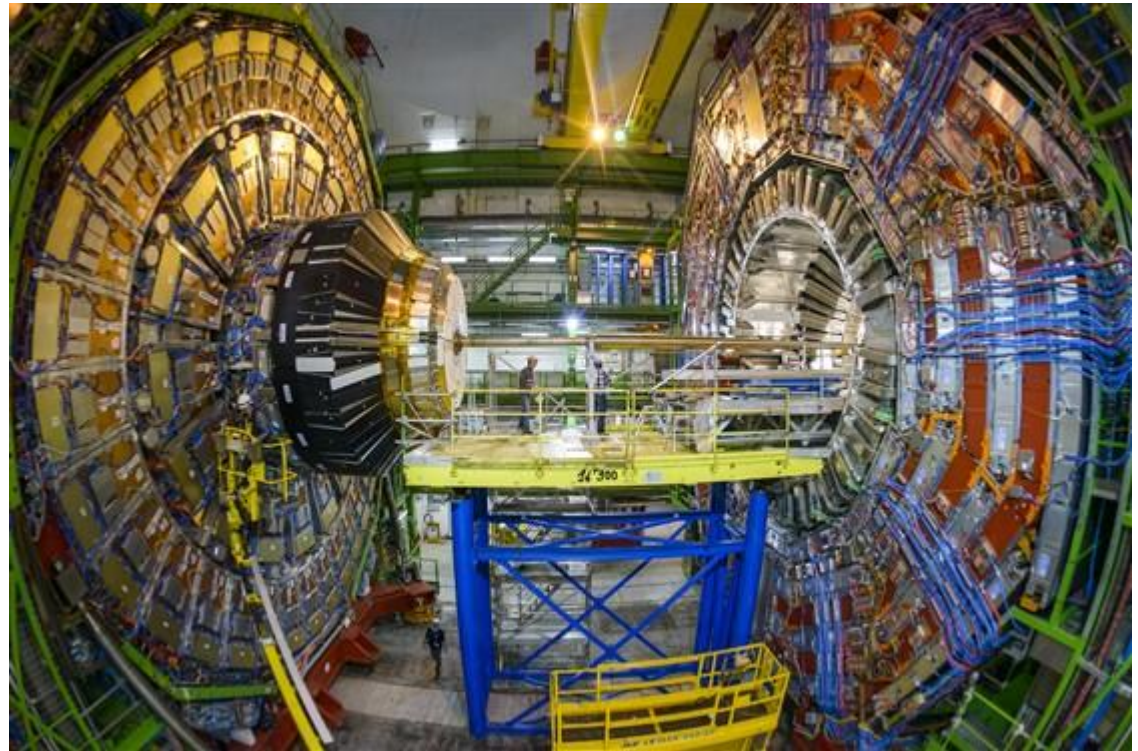
- **CLIC(Compact Linear Collider)**
 - TeV enerji seviyesinde elektron-pozitron çarpışmalarını mümkün kılacak bir hızlandırıcı tasarımı çalışmasıdır.
 - ~30 ülkeden, ~70 kurumdan bilim insanları
 - <http://clic-study.web.cern.ch/>
- **Ankara Üniversitesi**
 - Takım lideri:
Abbas Kenan Çiftçi
ciftci@cern.ch
- **AÜ Hızlandırıcı Teknolojileri Enstitüsü**
 - Takım lideri:
Ömer Yavaş
yavas@ankara.edu.tr



Türkiye'den kurumların katıldığı CERN İşbirlikleri: CMS



- **CMS(Compact Muon Solenoid)**
 - Büyük Hadron Çarpıştırıcısında proton çarpışmaları sonucunda ortaya çıkan fizik süreçlerini inceleyen çok amaçlı algıç sistemidir.
 - 43 ülkeden, 193 kurumdan 3500'den fazla bilim insanı
 - <http://cms.web.cern.ch/>
- Boğaziçi Üniversitesi
 - Takım Lideri:
Erhan Gülmez
 - Erhan.gulmez@cern.ch
- Çukurova Üniversitesi
 - Takım Lideri:
Aysel Kayış Topaksu
 - aysel.kayis@cern.ch
- İstanbul Teknik Üniversitesi
 - Takım lideri:
Kerem Cankocak
 - kerem.cankocak@cern.ch
- ODTÜ
 - Takım lideri:
Mehmet Zeyrek
 - mehmet.zeyrek@cern.ch



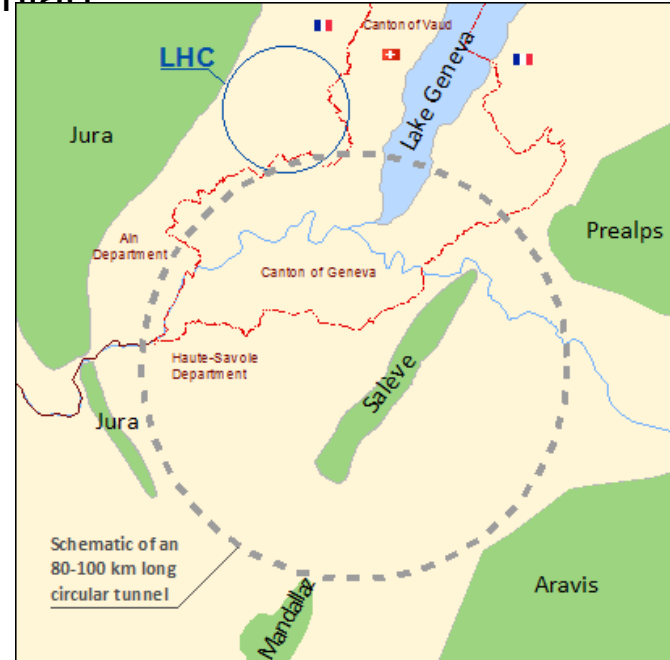
Türkiye'den kurumların katıldığı CERN İşbirlikleri: FCC



- **FCC(Future Circular Collider)**

- Büyük Hadron Çarpıştırıcısı sonrası dönemde yer alabilecek çeşitli dairesel çarpıştırıcı tasarımları üzerine çalışmalar sürdürülmektedir.
- 33 ülkeden, 122 kurumdan bilim insanları
- <http://fcc.web.cern.ch>

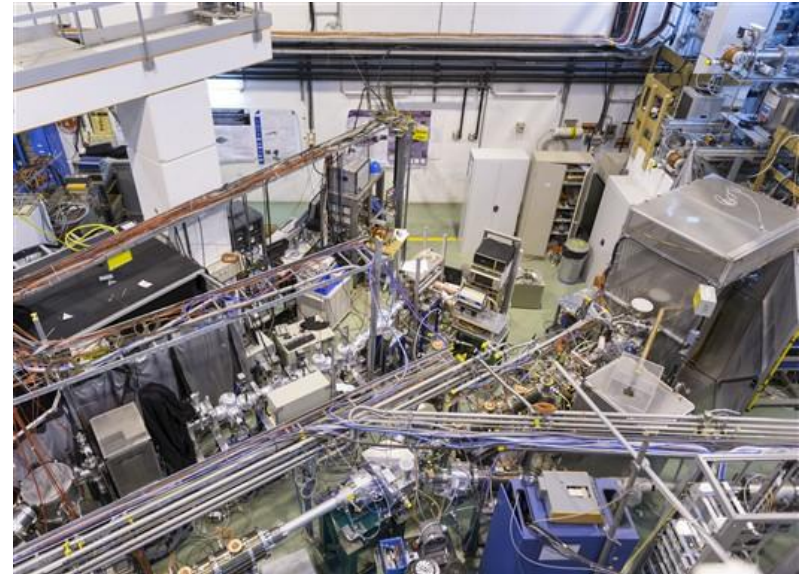
- Abant İzzet Baysal Ü.
- Ankara Üniversitesi
- Giresun Üniversitesi
- Işık Üniversitesi
- İstanbul Aydın Üniversitesi
- Okan Üniversitesi
- Piri Reis Üniversitesi
- TOBB Ekonomi ve Teknoloji Ü.



Türkiye'den kurumların katıldığı CERN İşbirlikleri: **ISOLDE**



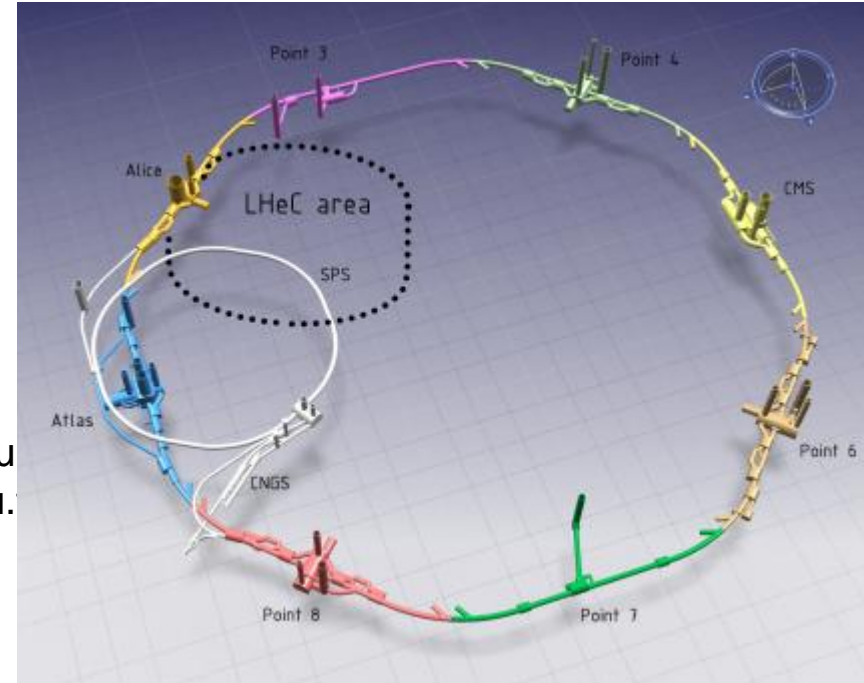
- **ISOLDE**(Isotope Separator On Line DEvice)
 - Radyoaktif çekirdekleri ile çeşitli demet hatlarında farklı nükleer deneyler yapılmasını sağlayan bir testir.
 - 41 ülkeden, 213 kurumdan 1700'den fazla bilim insanı
 - <http://isolde.web.cern.ch/>
- İstanbul Üniversitesi
 - Takım lideri:
Baki Akkuş
akkus@istanbul.edu.tr



Türkiye'den kurumların katıldığı CERN İşbirlikleri: LHeC



- **LHeC (Large Hadron electron Collider)**
 - Büyük Hadron Çarpıştırıcısındaki hadronlarla gelecekte kurulabilecek bir dairesel elektron hızlandırıcısının elektronlarının çarpıştırılmasını hedefleyen bir projedir.
 - 22 ülkeden, 69 kurumdan bilim insanları
 - <http://lhec.web.cern.ch/>
- Ankara Üniversitesi
- SANAEM, Ankara
- Kastamonu Üniversitesi
- Niğde Üniversitesi
- Uludağ Üniversitesi
 - İletişim:
 - Saleh Sultansoy (ssultansoy@etu.edu.tr)
 - Hüsnü Aksakal (haksakal@nigde.edu.tr)
 - Zafer Nergis (znergiz@nigde.edu.tr)
 - İlhan Tapan (ilhan@uludag.edu.tr)



Türkiye'den kurumların katıldığı CERN İşbirlikleri: OPERA



- **OPERA**

(**O**scillation **P**roject with **E**mulsion-**tR**acking **A**pparatus)

- Süper Proton Sinkrotronundan gelen proton demetlerinin hedefe çarptırılması sonrası elde edilen muon nötrinolarından tau nötrinosu salınımını gözlemlemek üzere kurulmuş bir deneydir.
- 10 ülkeden, 26 kurumdan 134 bilim insanı
- <http://operaweb.lngs.infn.it/>

- **ODTÜ**

- Takım lideri:
Ali Murat Güler
ali.murat.guler@cern.ch



Türkiye'den kurumların katıldığı CERN İşbirlikleri: **RD51**

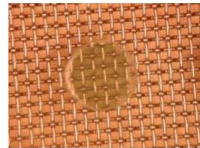
- **RD51 (R&DCERN Axion Solar Telescope)**
 - Mikro yapılı gaz algıç teknolojilerinin geliştirilmesi üzerine Ar-Ge yapılan bir işbirliğidir.
 - 25 ülkeden, 75 kurumdan 450 bilim insanı
 - <http://rd51-public.web.cern.ch/rd51-public/>

- **Uludağ Üniversitesi**

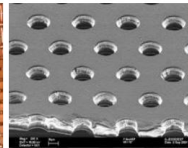
- Takım lideri:

- İlhan Tapan

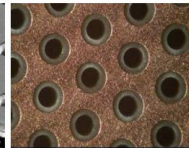
- ilhan@uludag.edu.tr



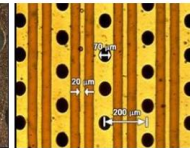
MicroMegas



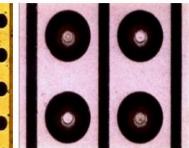
GEM



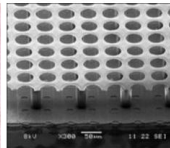
THGEM



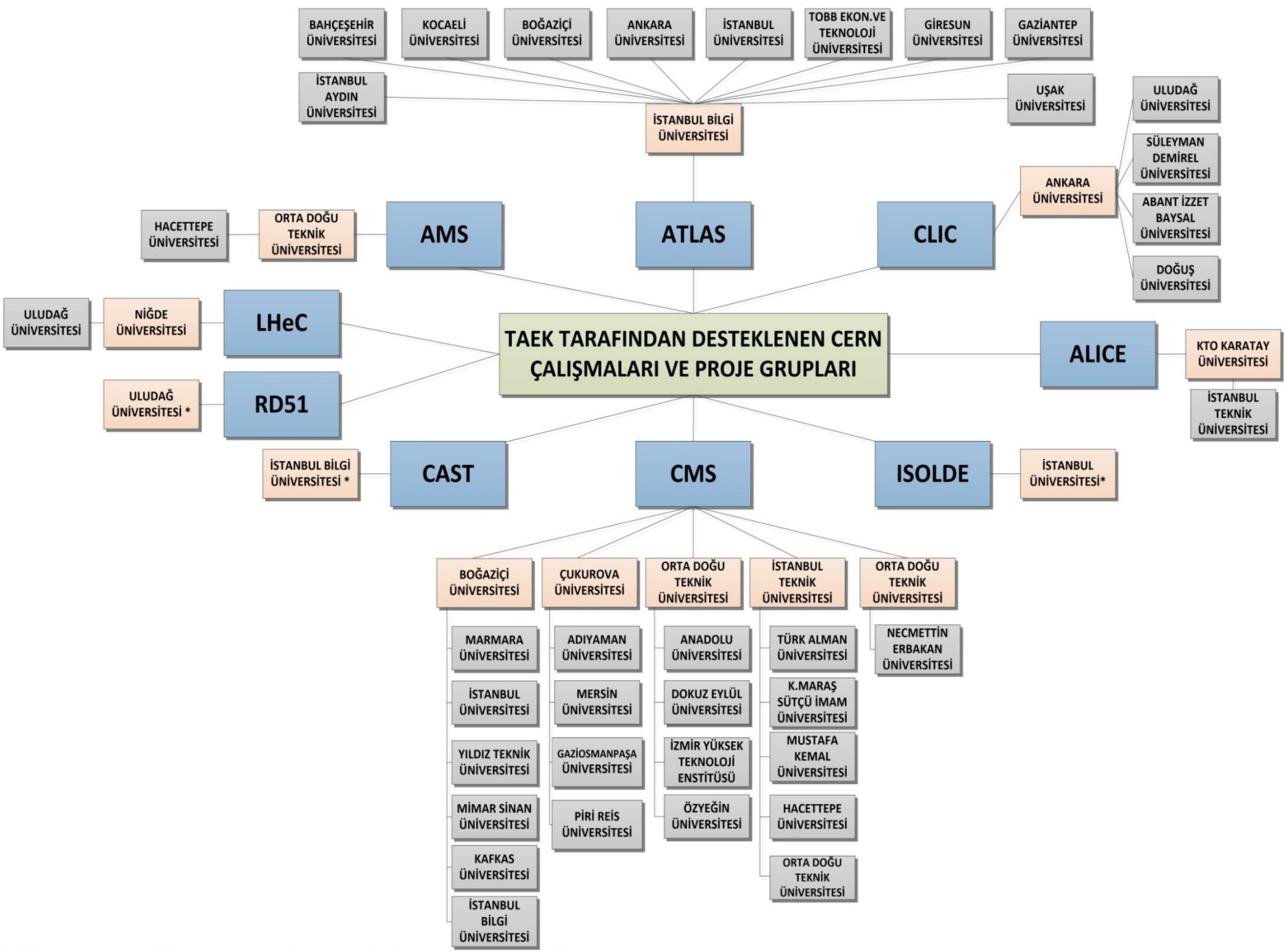
MHSP



microPIC



Ingrid



■ CERN Çalışmaları
 ■ Proje Yürütücüsü Üniversiteler
 ■ Projede Elemanı Bulunan Üniversiteler