

Καλώς ήρθατε στο CERN!



Δέσποινα Χατζηφωτιάδου, CERN και INFN Bologna

CERN : Ευρωπαϊκός Οργανισμός Πυρηνικής Έρευνας (Ευρωπαϊκό Εργαστήριο Σωματιδιακής Φυσικής)

Ιδρύθηκε το 1954 από 12 Ευρωπαϊκά κράτη
Σήμερα έχει 22 κράτη-μέλη

~ 2300 staff
~ 1620 other paid personnel
~ 10500 users
Budget (2014) ~1000 MCHF

Κράτη-μέλη: Αυστρία, Βέλγιο, Βουλγαρία, Τσεχική Δημοκρατία, Δανία, Φινλανδία, Γαλλία, Γερμανία, Ελλάδα, Ουγγαρία, Ισραήλ, Ιταλία, Ολλανδία, Νορβηγία, Πολωνία, Πορτογαλία, Ρουμανία, Σλοβακία, Ισπανία, Σουηδία, Ελβετία, και Ηνωμένο Βασίλειο

Associate Member States: Ινδία, Λιθουανία, Πακιστάν, Τουρκία, Ουκρανία

Associate Member States in the pre-stage to Membership: Κύπρος, Σερβία, Σλοβενία

Observers to Council: Ιαπωνία, Ρωσία, ΗΠΑ, Ευρωπαϊκή Ένωση, JINR, και UNESCO

Distribution of All CERN Users by Nationality on 12 January 2016

MEMBER STATES **7319**

Austria	106
Belgium	125
Bulgaria	88
Czech Republic	217
Denmark	56
Finland	102
France	858
Germany	1267
Greece	216
Hungary	79
Israel	63
Italy	1974
Netherlands	164
Norway	63
Poland	302
Portugal	113
Slovakia	111
Spain	399
Sweden	90
Switzerland	220
United Kingdom	706

ASSOCIATE MEMBERS **224**

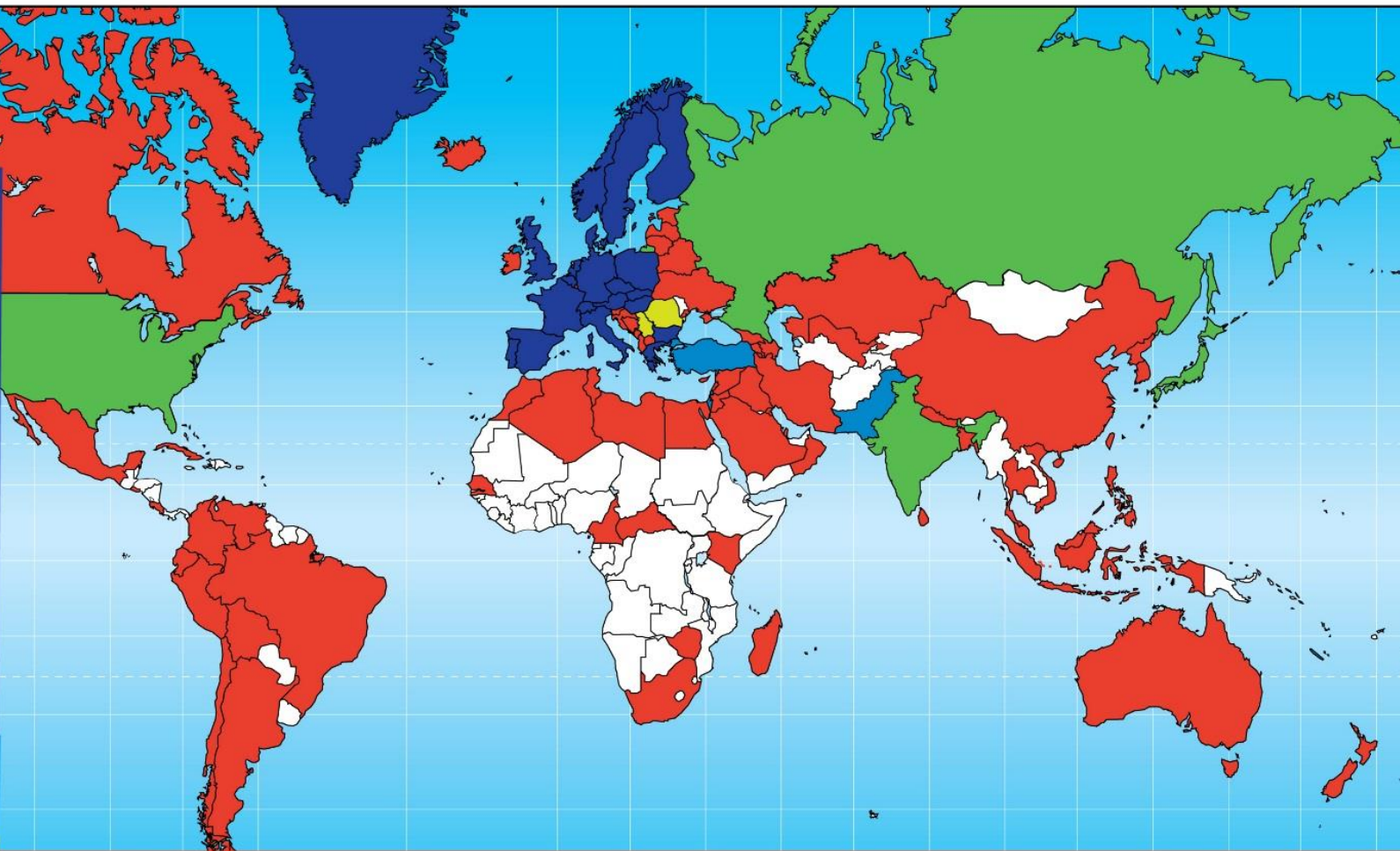
Pakistan	58
Turkey	166

OBSERVERS **2775**

India	284
Japan	316
Russia	1071
USA	1104

STATES IN ACCESSION TO MEMBERSHIP **176**

Romania	131
Serbia	45



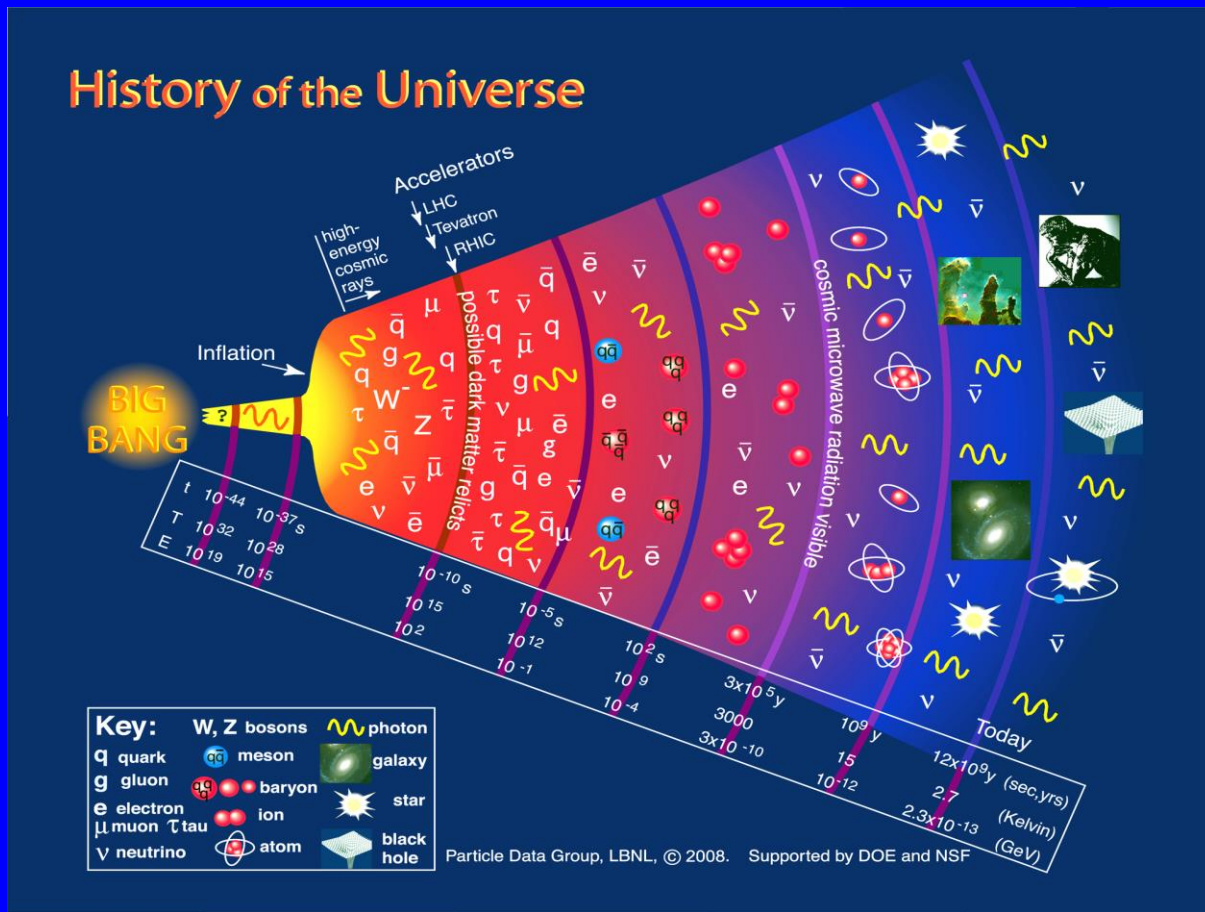
OTHERS

Bosnia & Herzegovina	1	Cyprus	19	Jordan	8	Malaysia	18	Philippines	4	Taiwan	
Brazil	135	Ecuador	4	Kazakhstan	1	Mauritius	5	Qatar	1	Thailand	
Albania	4	Cameroon	2	Kenya	2	Mexico	84	San Marino	1	T.F.Y.R.O.	
Algeria	8	Canada	154	Korea, D.P.R.	4	Montenegro	2	Saudi Arabia	1	Tunisia	
Argentina	24	Central African Rep.	1	Korea Rep.	151	Morocco	13	Senegal	1	Ukraine	
Armenia	27	Chile	20	Latvia	1	Nepal	7	Singapore	3	Uzbekistan	
Australia	31	China	421	Lebanon	12	New Zealand	6	Sint Maarten	1	Venezuela	
Azerbaijan	11	Colombia	38	Libya	1	Oman	1	Slovenia	27	Viet Nam	
Bangladesh	7	Costa Rica	1	Lithuania	30	Palestine (O.T.)	7	South Africa	31	Zimbabwe	
Belarus	50	Croatia	38	Iraq	1	Peru	6	Sri Lanka	3		
Bolivia	2	Cuba	13	Ireland	20			Syria	1		

182

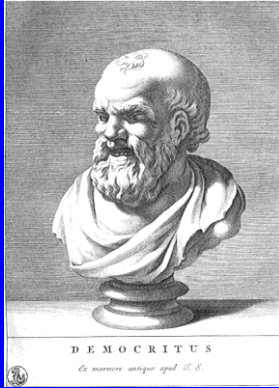
Στο CERN, το Ευρωπαϊκό Εργαστήριο Φυσικής Στοιχειωδών Σωματιδίων, με τη χρήση επιταχυντών, επιστρέφουμε στην αρχή του Σύμπαντος και μελετάμε τη στοιχειώδη δομή του

Ποια είναι τα συστατικά της ύλης στην πιο στοιχειώδη μορφή;



Πώς είναι φτιαγμένο το Σύμπαν; Ποιοί νόμοι διέπουν τη λειτουργία του; Πώς ξεκίνησαν όλα;

Ο Δημόκριτος πίστευε ότι η ύλη αποτελείται από αδιαίρετα στοιχεία, τα άτομα

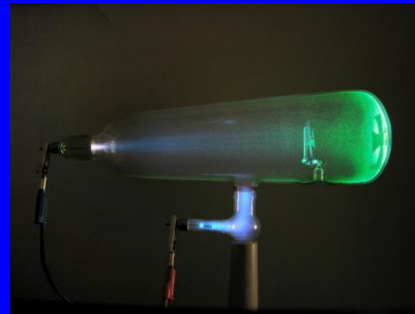


Περιοδικός πίνακας των στοιχείων του Mendeleev (1869) – 80 διαφορετικά αδιαίρετα άτομα

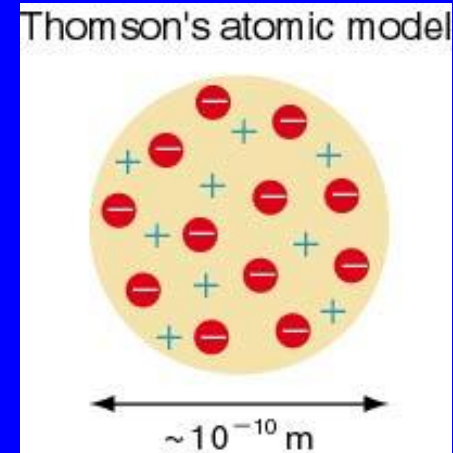
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
H 1.01									
Li 6.94	Be 9.01	B 10.8	C 12.0	N 14.0	O 16.0	F 19.0			
Na 23.0	Mg 24.3	Al 27.0	Si 28.1	P 31.0	S 32.1	Cl 35.5			
K 39.1	Ca 40.1		Ti 47.9	V 50.9	Cr 52.0	Mn 54.9	Fe 55.9	Co 58.9	Ni 58.7
Cu 63.5	Zn 65.4			As 74.9	Se 79.0	Br 79.9			
Rb 85.5	Sr 87.6	Y 88.9	Zr 91.2	Nb 92.9	Mo 95.9		Ru 101	Rh 103	Pd 106
Ag 108	Cd 112	In 115	Sn 119	Sb 122	Te 128	I 127			
Ce 133	Ba 137	La 139		Ta 181	W 184		Os 194	Ir 192	Pt 195
Au 197	Hg 201	Tl 204	Pb 207	Bi 209					
			Th 232		U 238				



JJ Thomson

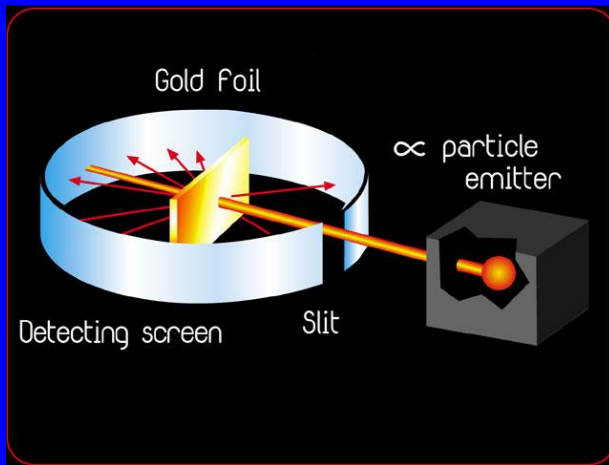


Ανακάλυψη του ηλεκτρονίου με τον σωλήνα καθοδικών ακτίνων (1896)
πρώτο στοιχειώδες σωματίο

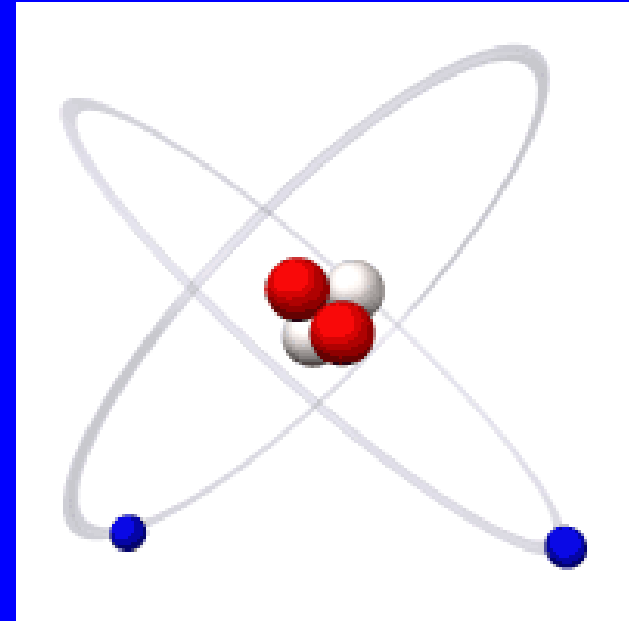


Μοντέλο σταφιδόψωμου του Thomson (1904)

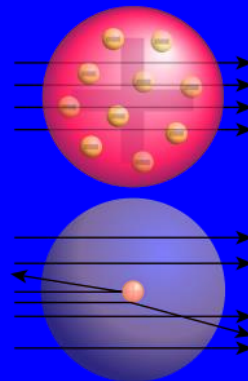
2011 : επέτειος 100 χρόνων από την εισαγωγή του ατομικού μοντέλου του Rutherford



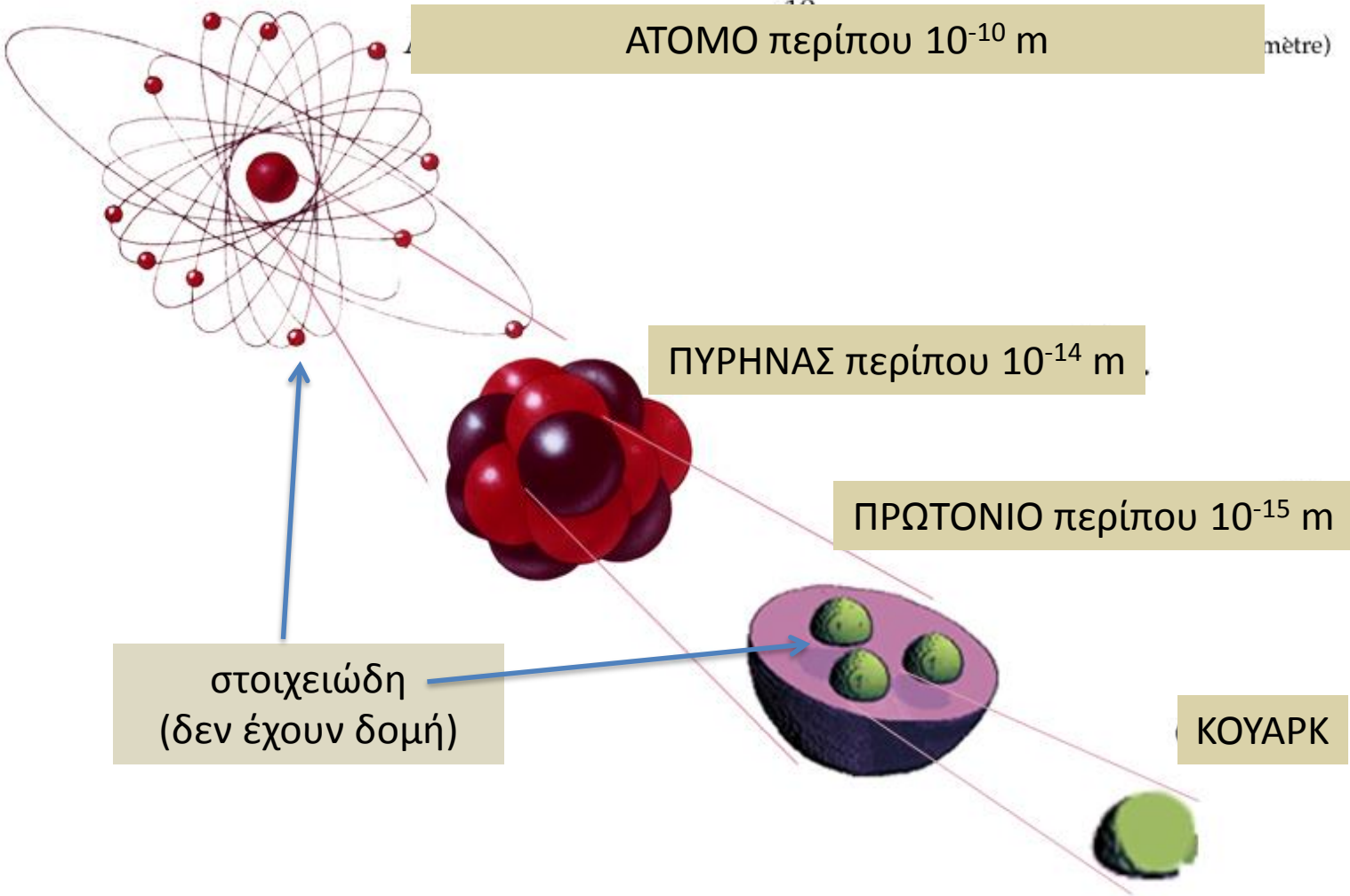
πείραμα σκέδασης άλφα
Geiger – Marsden



Ernest Rutherford



Πυρήνας: σχεδόν όλη η μάζα,
θετικό φορτίο – το άτομο είναι
κυρίως άδειο
Αργότερα βρέθηκε ότι ο πυρήνας
αποτελείται από πρωτόνια και
νετρόνια



ΑΤΟΜΟ περίπου 10^{-10} m (mètre)

ΠΥΡΗΝΑΣ περίπου 10^{-14} m













ΠΡΩΤΟΝΙΟ περίπου 10^{-15} m

στοιχειώδη
(δεν έχουν δομή)

ΚΟΥΑΡΚ

Il y a environ onze milliards de milliards d'atomes de fer dans un milligramme de fer !

Περιοδικό σύστημα των στοιχειωδών σωματιδίων

	<i>Quarks</i>		<i>Leptons</i>	
Generation 3	 t Top	 b Bottom	 τ Tau	 ν_τ Tau-neutrino
Generation 2	 c Charm	 s Strange	 μ Muon	 ν_μ Muon-neutrino
Generation 1	 u Up	 d Down	 e Electron	 ν_e Electron-neutrino

↑
μάζα

φορτίο 2/3

φορτίο -1/3

φορτίο -1

φορτίο 0

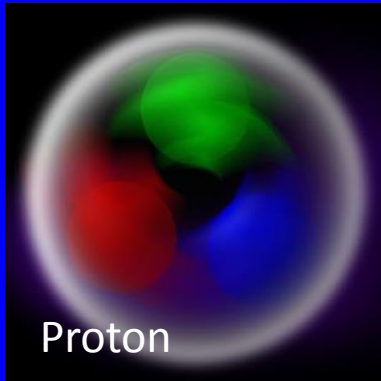
Στην φύση : στοιχειώδη σωματΙΑ της πρώτης γενιάς ΜΟΝΟ

Αυτά της δεύτερης και τρίτης γενιάς διασπώνται στα ελαφρύτερα
Τα έχουμε δει σε πειράματα με επιταχυντές

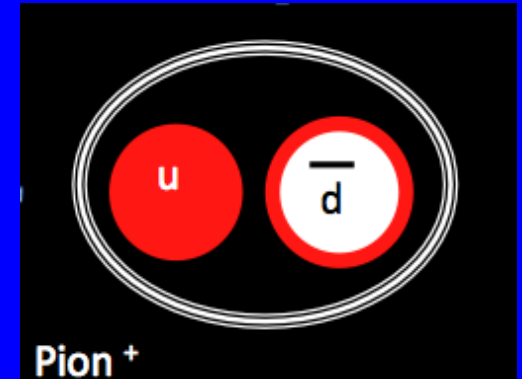
Όλα τα σωματΙΑ έχουν και τα αντισωματΙΑ τους, με αντίθετο ηλεκτρικό φορτίο

Εγκλωβισμός των κουάρκ (Quark Confinement)

Τα κουάρκ δεν μπορούν να υπάρξουν ελεύθερα
 Τα βρίσκουμε μόνο δέσμια μέσα στα αδρόνια



Βαρυόνια
 αποτελούνται
 από 3 κουάρκ



Μεσόνια
 αποτελούνται
 από ζεύγος
 κουάρκ
 αντικουάρκ

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

Baryons are fermionic hadrons.

These are a few of the many types of baryons.

Symbol	Name	Quark content	Electric charge	Mass GeV/c^2	Spin
p	proton	uud	1	0.938	1/2
\bar{p}	antiproton	$\bar{u}\bar{u}\bar{d}$	-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

These are a few of the many 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	0.776	1
B^0	B-zero	$d\bar{b}$	0	5.279	0
η_c	eta-c	$c\bar{c}$	0	2.980	0

Οι δυνάμεις στη φύση

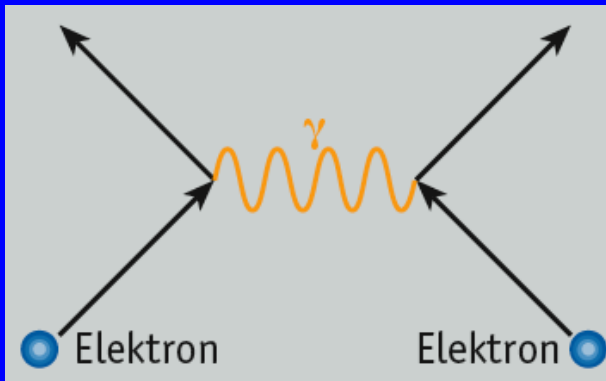
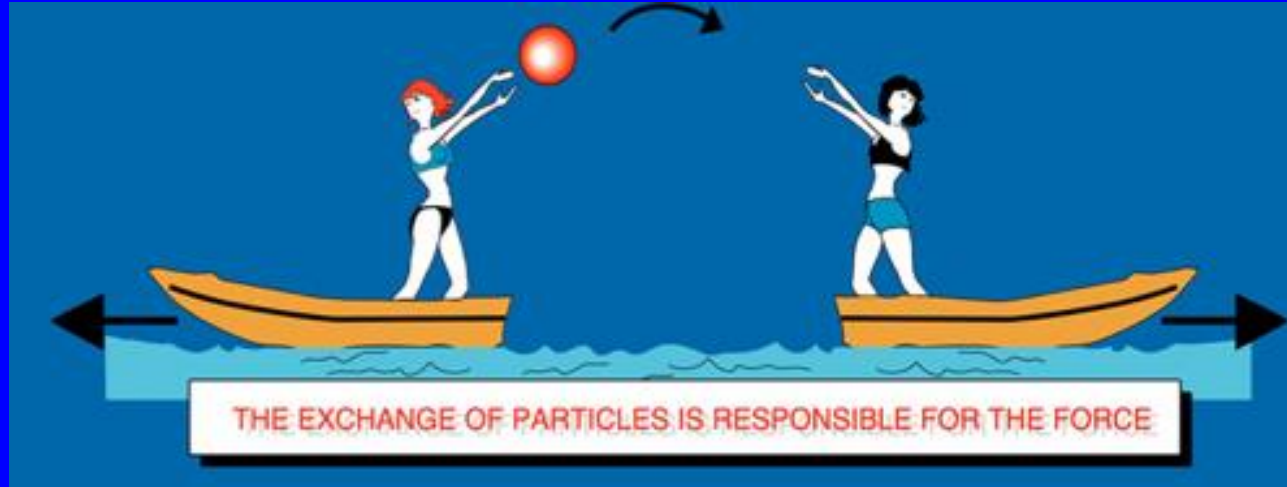
Τα σωματίδια αλληλεπιδρούν
-αισθάνονται το ένα το άλλο—
με διάφορες δυνάμεις

ανταλλάσσοντας ειδικά
σωματίδια που είναι οι
φορείς της δύναμης

Τα φορτισμένα σωματίδια
ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΟΥΝ μεταξύ
τους:

έλκονται ή απωθούνται
ανταλλάσσοντας μεταξύ τους
φωτόνια

Το φωτόνιο (γ) είναι ο
φορέας της
ηλεκτρομαγνητικής δύναμης



Διάγραμμα Feynman

TYPE	INTENSITY OF FORCES (DECREASING ORDER)	BINDING PARTICLE (FIELD QUANTUM)	OCCURS IN :
STRONG NUCLEAR FORCE	~ 1	GLUONS (NO MASS)	ATOMIC NUCLEUS
ELECTRO-MAGNETIC FORCE	$\sim 10^{-3}$	PHOTONS (NO MASS)	ATOMIC SHELL ELECTROTECHNIQUE
WEAK NUCLEAR FORCE	$\sim 10^{-5}$	BOSONS Z^0, W^+, W^- (HEAVY)	RADIOACTIVE BETA DESINTEGRATION
GRAVITATION	$\sim 10^{-38}$	GRAVITONS (?)	HEAVENLY BODIES



Βαρυτόνιο

φωτόνιο

W,Z

γλουόνιο



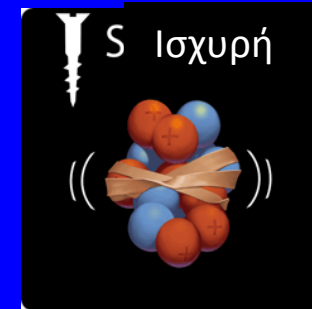
βαρυτικά φαινόμενα
στη γη
Κινήσεις ουρανίων
σωμάτων



Ατομο
Ηλεκτρικά/μαγνητικά
φαινόμενα



Ραδιενεργός βήτα
διάσπαση
 $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$



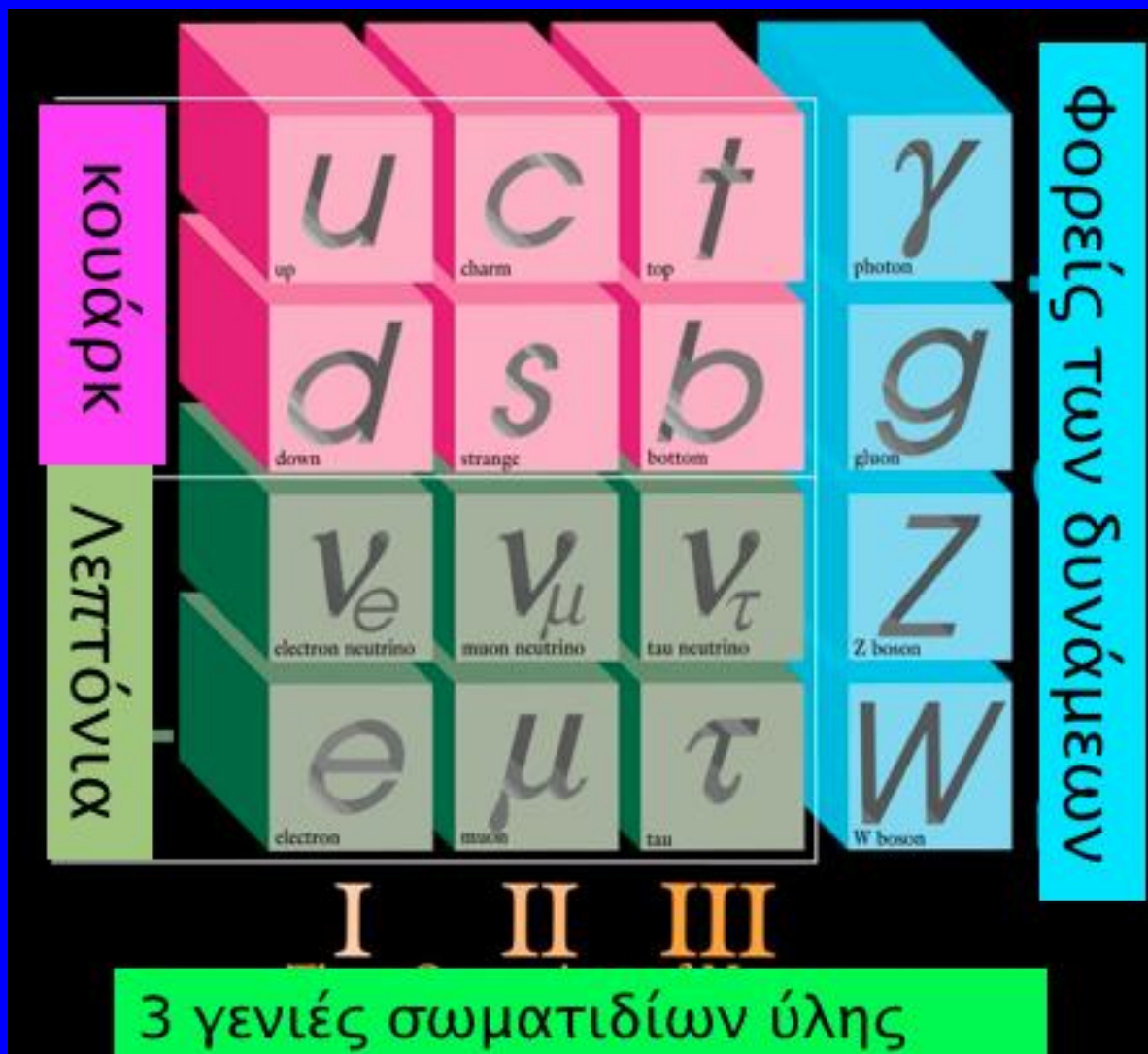
Συγκρατεί τα κουάρκ
μέσα στα νουκλεόνια, τα
πρωτόνια και νετρόνια
μέσα στους πυρήνες

Το Καθιερωμένο Πρότυπο (The Standard Model)

Τα
στοιχειώδη
σωμάτια
είναι
φερμιόνια

Στατιστική
Fermi-Dirac

Spin
ημιακέραιο
(1/2, 3/2,...)



Οι φορείς των
δυνάμεων
είναι μποζόνια

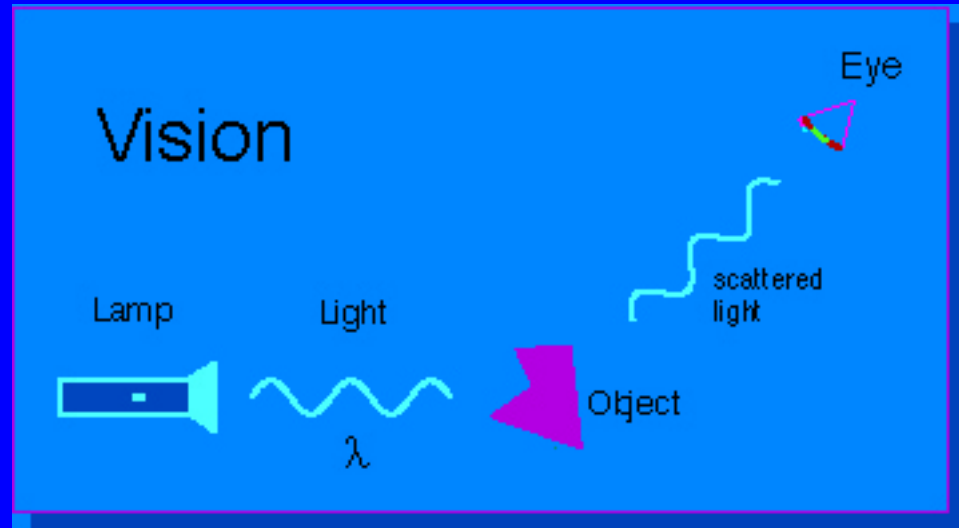
Στατιστική
Bose-Einstein

Spin ακέραιο
(0, 1, 2,...)

Πώς βλέπουμε τα αντικείμενα

Βλέπουμε τα αντικείμενα
σκεδάζοντας ορατό φως
επάνω τους

$$\lambda = 400-700 \text{ nm}$$



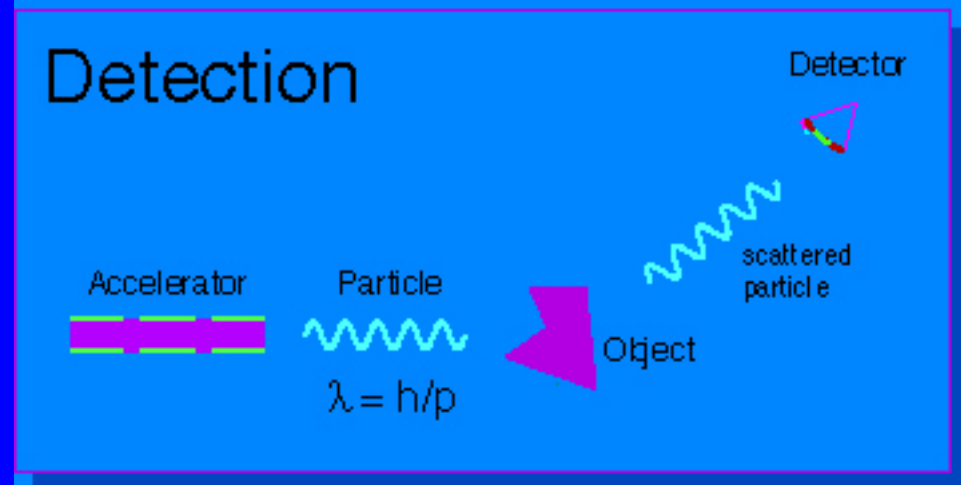
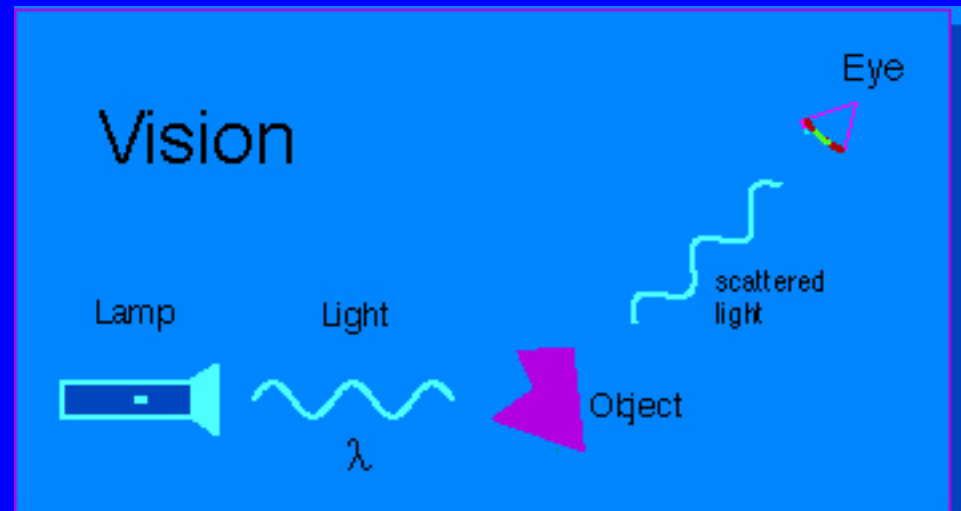
Πώς βλέπουμε τα αντικείμενα

Βλέπουμε τα αντικείμενα σκεδάζοντας ορατό φως επάνω τους

$$\lambda = 400-700 \text{ nm}$$

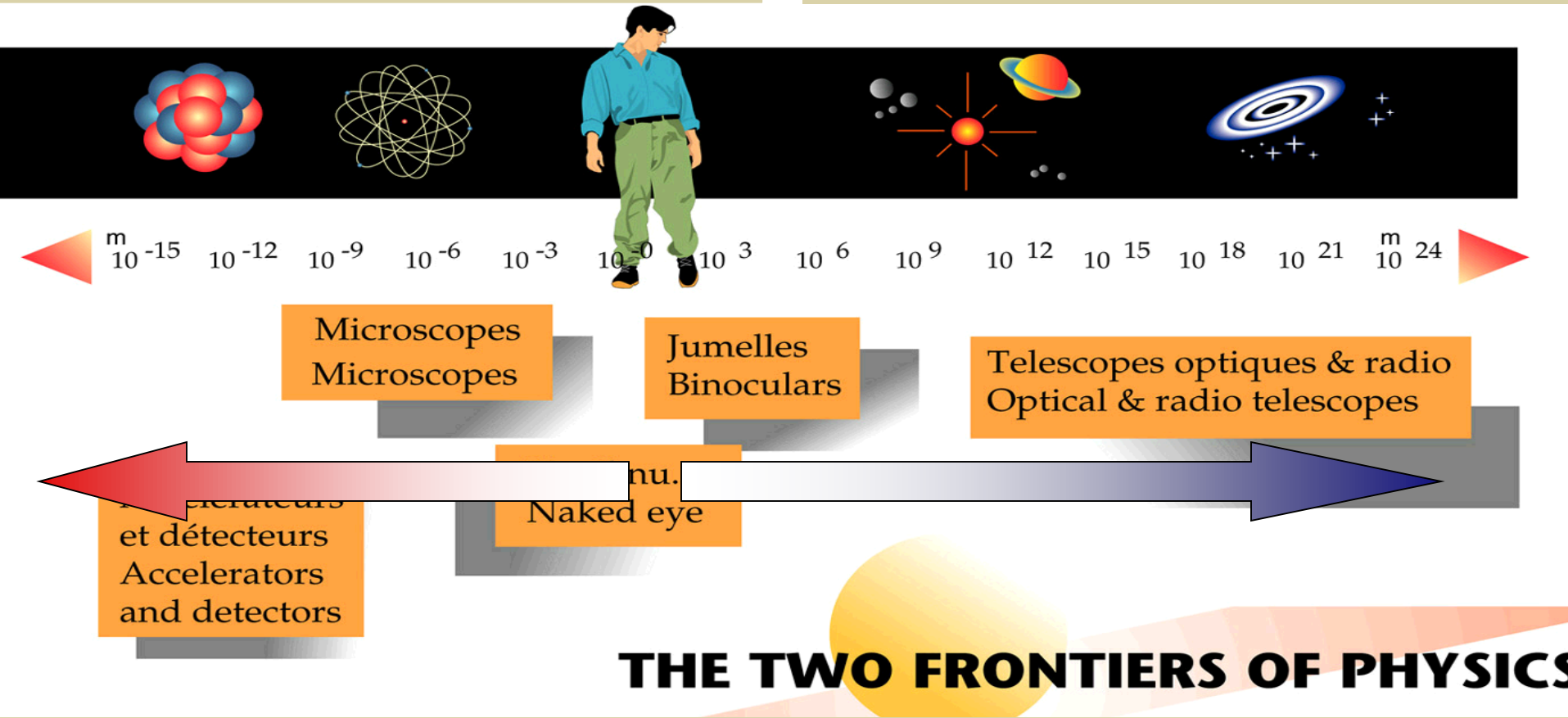
Βλέπουμε μικρότερα αντικείμενα σκεδάζοντας σωματίδια επάνω τους

$$\lambda = h/p$$



Η φυσική των σωματιδίων μελετάει την ύλη στις πιο μικρές διαστάσεις

Η αστροφυσική μελετάει την ύλη στις πιο μεγάλες διαστάσεις

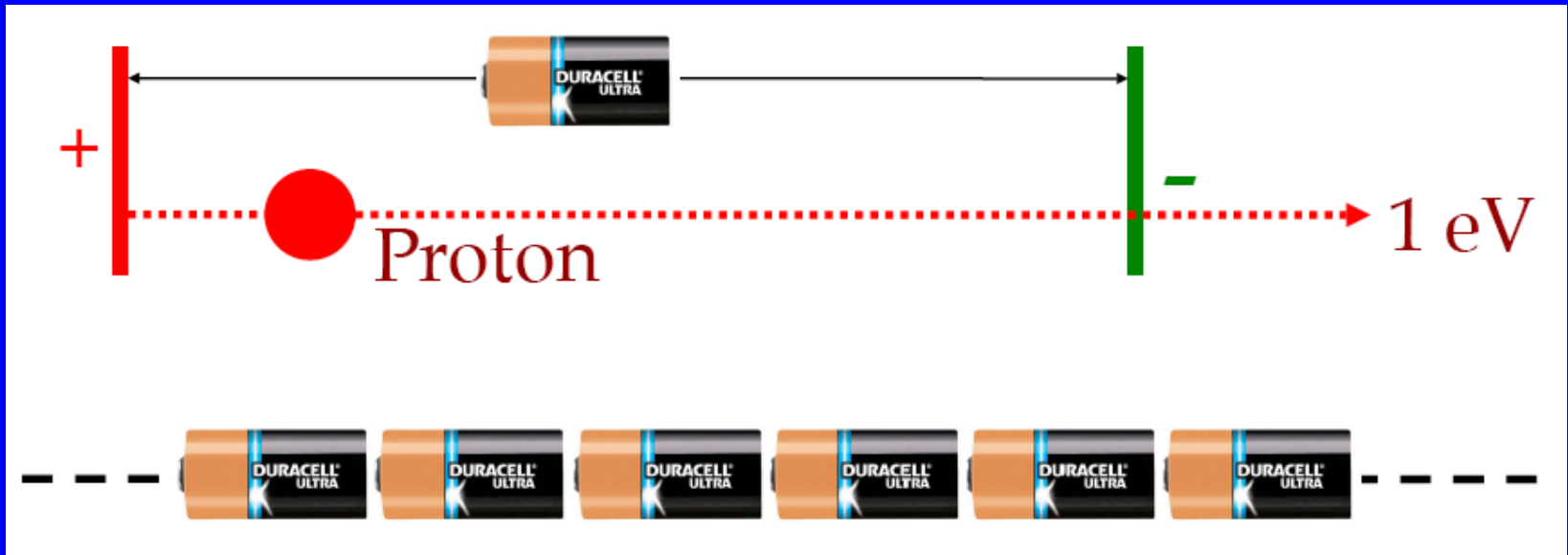


Τα δύο μέτωπα της φυσικής

Οι επιταχυντές χρειάζονται για τη μελέτη των στοιχειωδών σωματιδίων και των δυνάμεων

Επιταχυντές

Η ενέργεια που αποκτά φορτίο q μέσα σε ηλεκτρικό πεδίο με διαφορά δυναμικού U : $E = q \cdot U$



Για το LHC θα χρειαζόμασταν 7000 τρισεκατομύρια μπαταρίες του 1 V

Μονάδες ενέργειας

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

Η ενέργεια που αποκτά το στοιχειώδες φορτίο (του ηλεκτρονίου) όταν επιταχυνθεί από διαφορά δυναμικού 1 Volt

$$1 \text{ keV} = 10^3 \text{ eV} = 1000 \text{ eV}$$

$$1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV} = 1\,000\,000 \text{ eV}$$

$$1 \text{ GeV} = 10^9 \text{ eV} = 1\,000\,000\,000 \text{ eV}$$

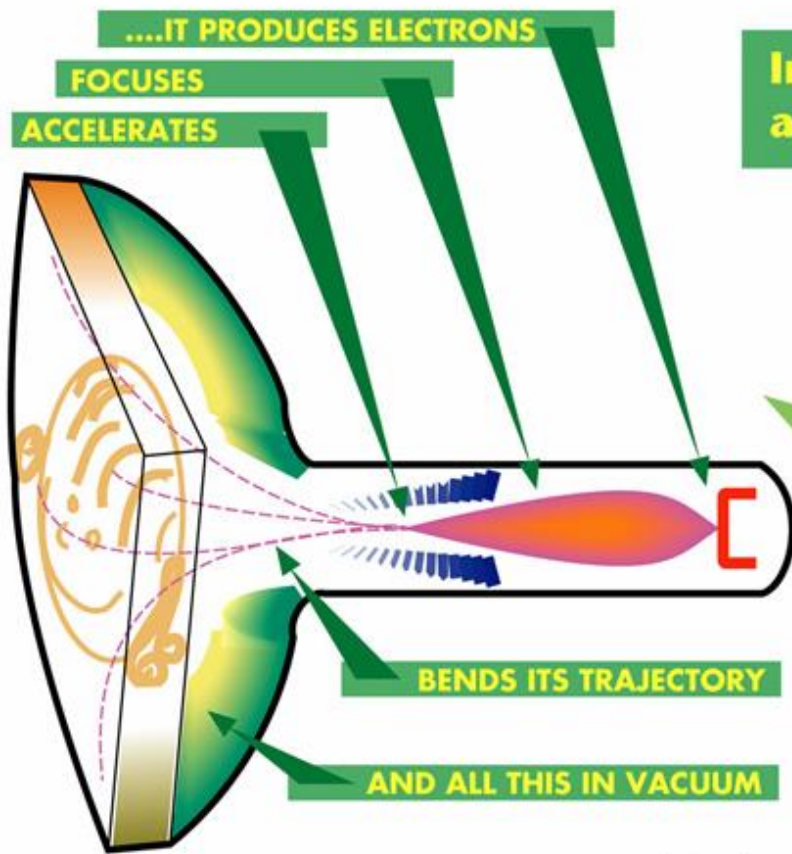
$$1 \text{ TeV} = 10^{12} \text{ eV} = 1\,000\,000\,000\,000 \text{ eV}$$

Ισοδυναμία μάζας –ενέργειας $E = mc^2$

$c=1$ φυσικές μονάδες

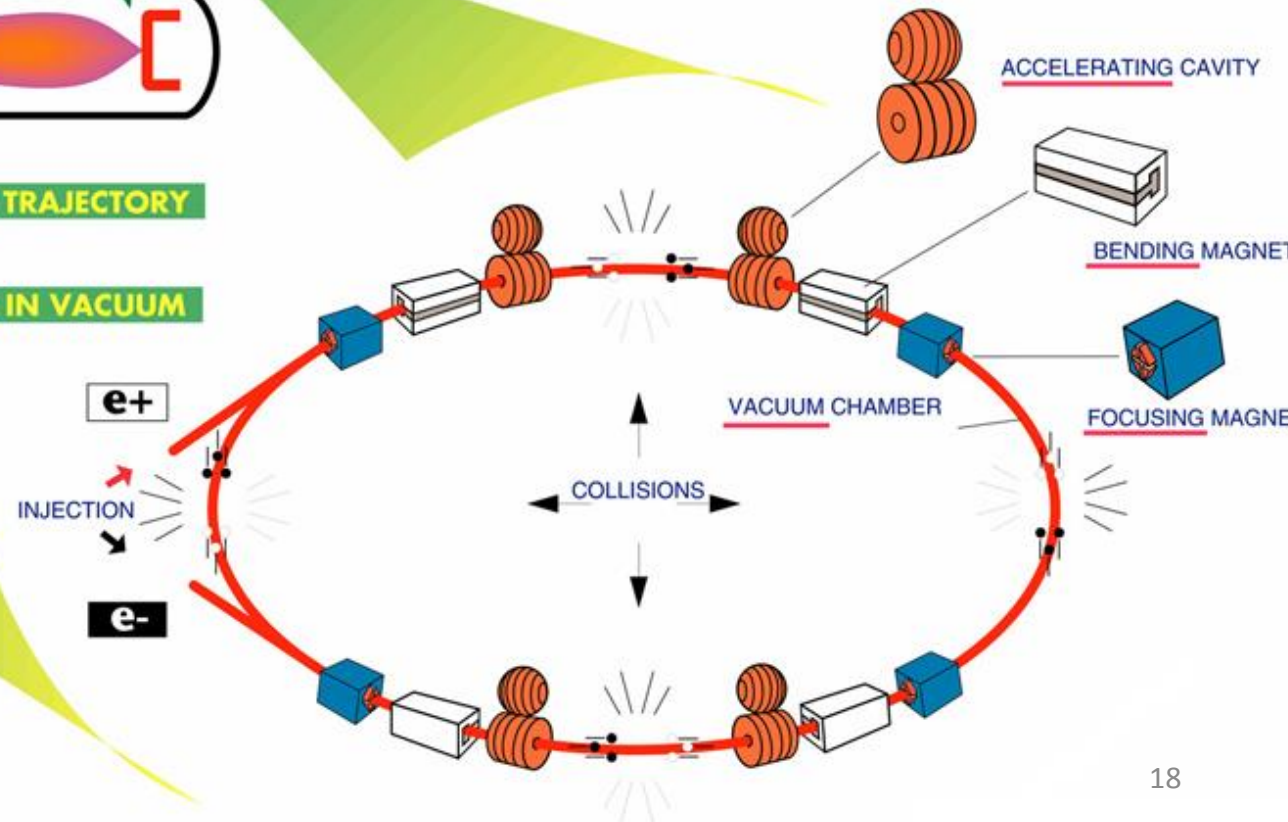
και η μάζα εκφράζεται σε μονάδες ενέργειας

DID YOU KNOW YOUR TELEVISION SET IS AN ACCELERATOR ?

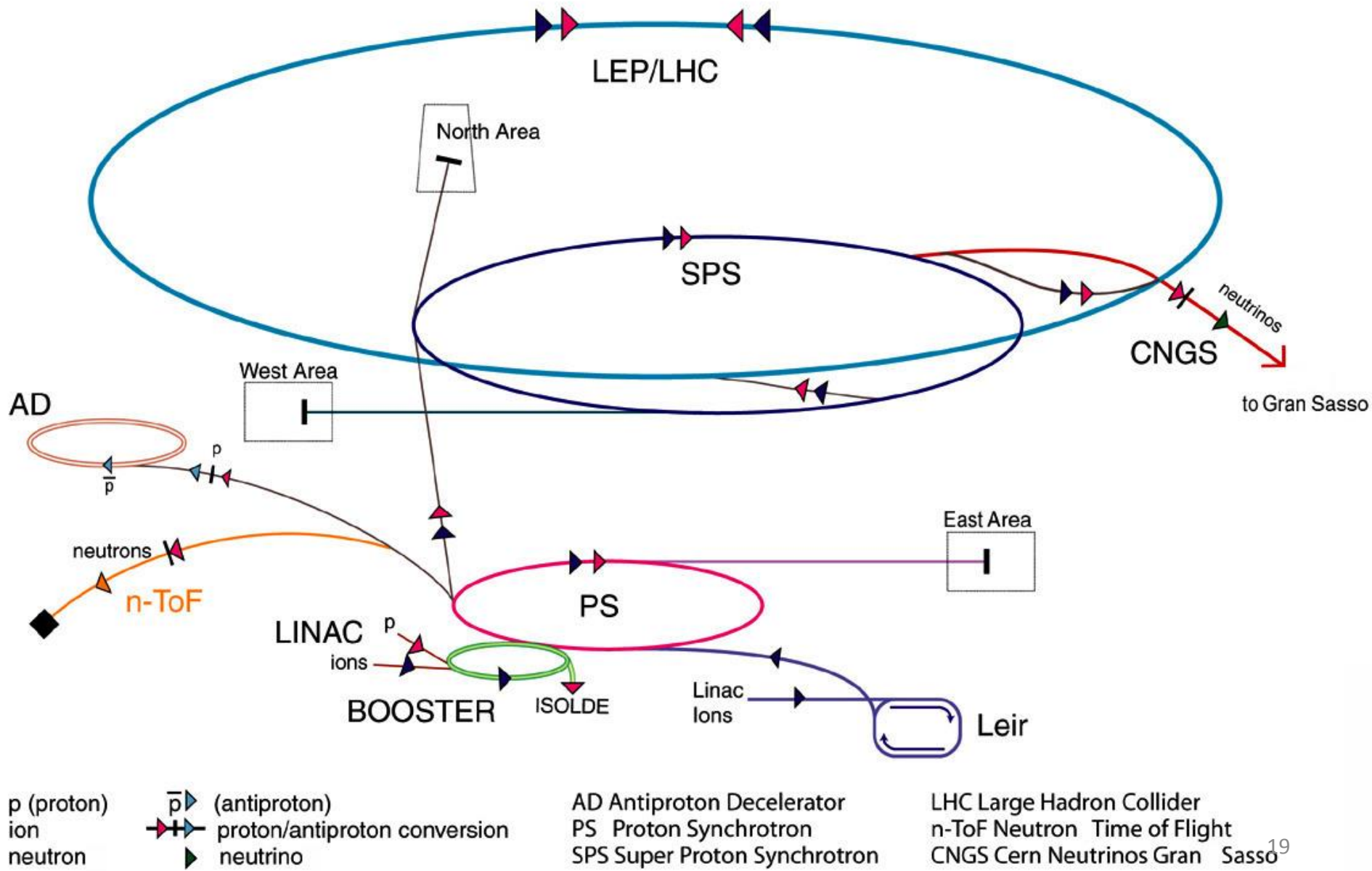


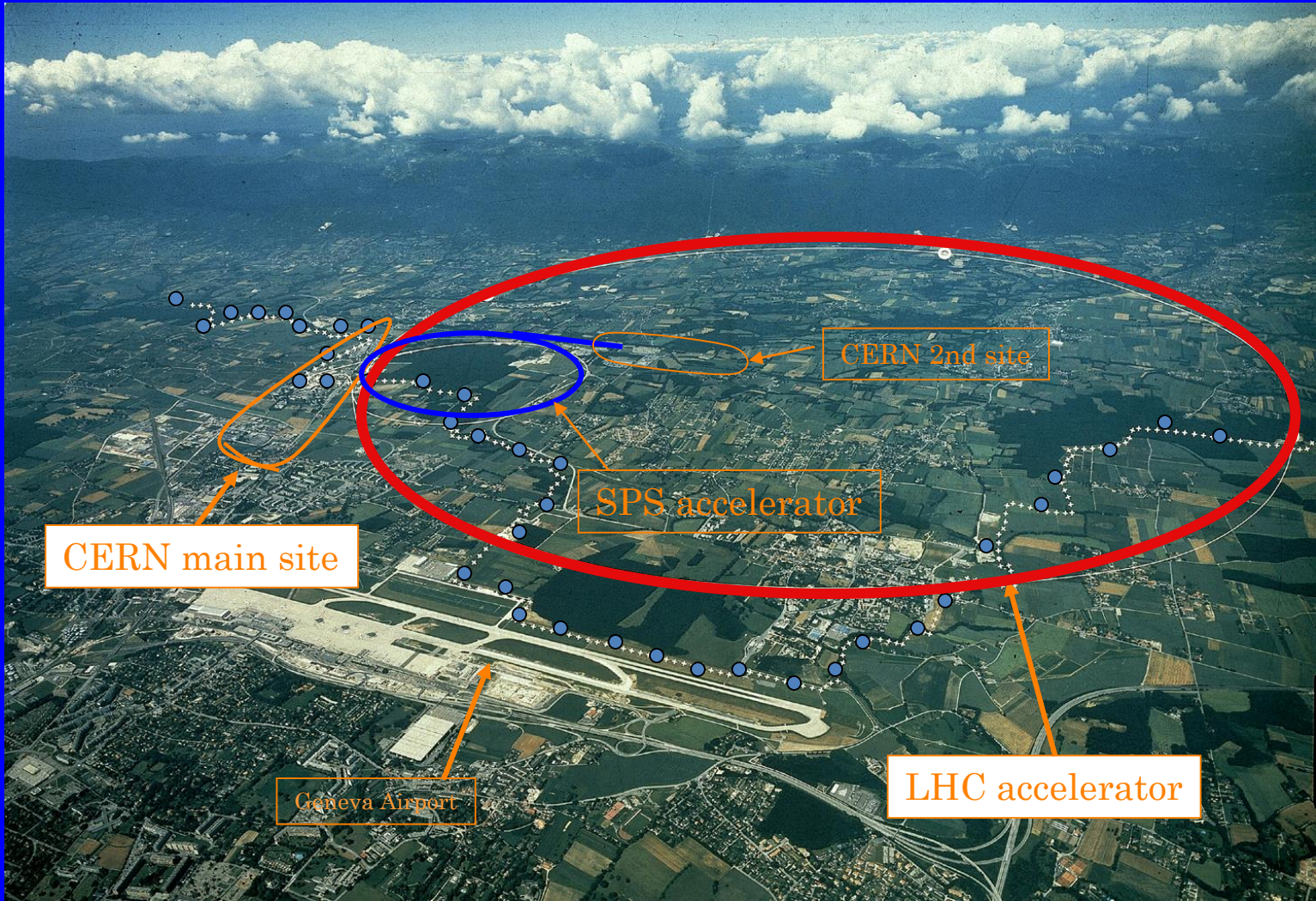
In your TV set, the electrons are accelerated to 20000 volts.

In LEP, they are accelerated to 100 000 000 000 volts.



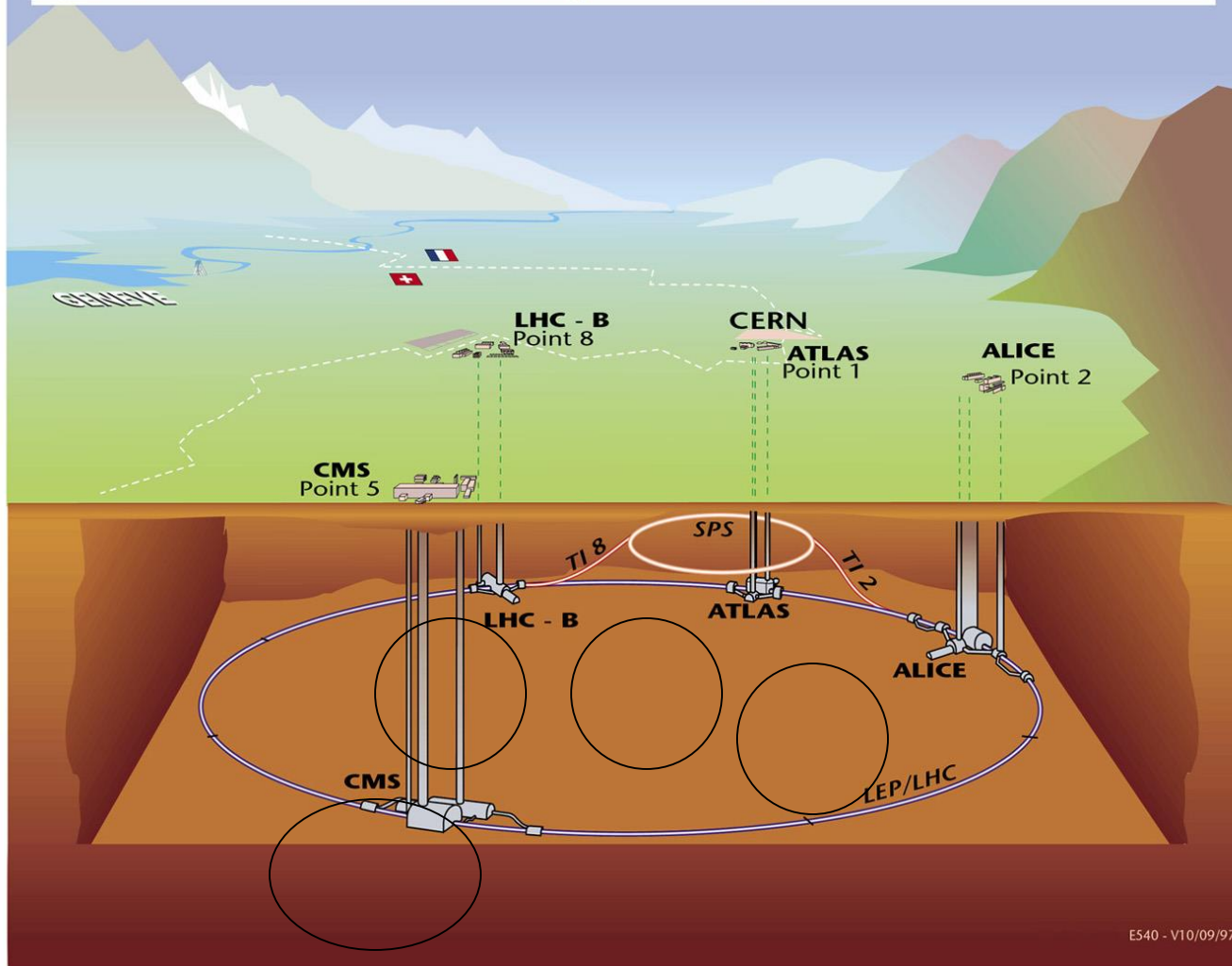
Η αποστολή του CERN είναι να φτιάχνει τους επιταχυντές για τα πειράματα ΦΥΕ





Ο Μεγάλος Επιταχυντής Αδρονίων LHC (Large Hadron Collider)

Overall view of the LHC experiments.

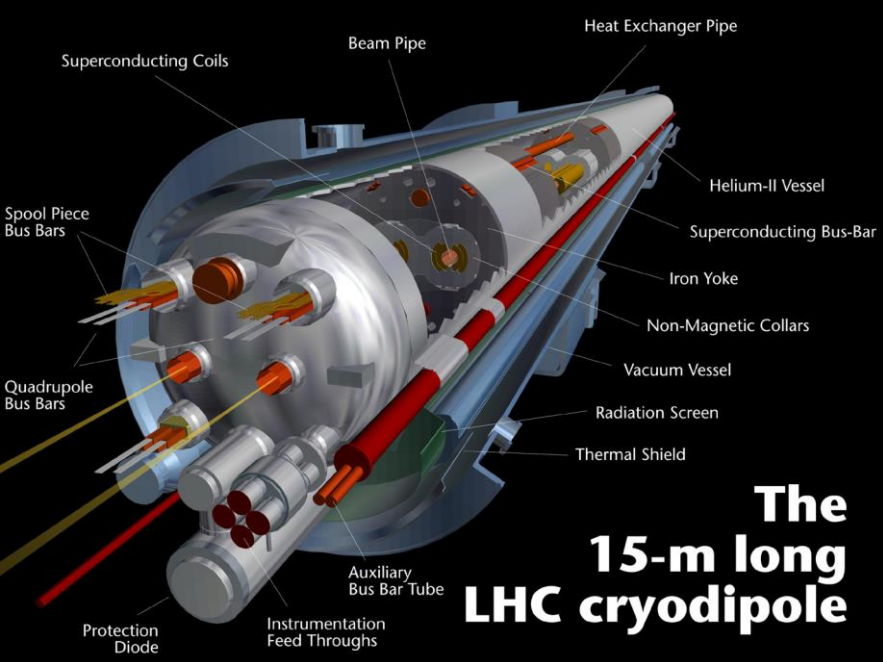


Ο μεγαλύτερος επιταχυντής του κόσμου σε διαστάσεις (δακτύλιος με περίμετρο 27 km)

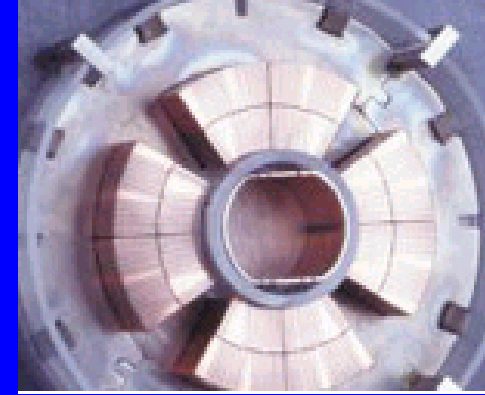
Στο LHC συγκρούονται δέσμες πρωτονίων με την μεγαλύτερη ενέργεια στον κόσμο (13 TeV και θα φτάσουν τα 14 TeV)

Το LHC είναι το πιο ψυχρό μέρος του σύμπαντος - οι υπεραγώγιμοι μαγνήτες του λειτουργούν σε 1.9 K (ψύξη με υγρό ήλιο)

Βρίσκεται μέσα σ' ένα τούνελ σε 100 μέτρα βάθος



393 τετραπολικοί μαγνήτες εστιάζουν τις δέσμες



8 κοιλότητες ραδιοσυχνότητας για κάθε δέσμη, τοποθετημένες ανά 4 σε ένα cryomodule, επιταχύνουν τις δέσμες

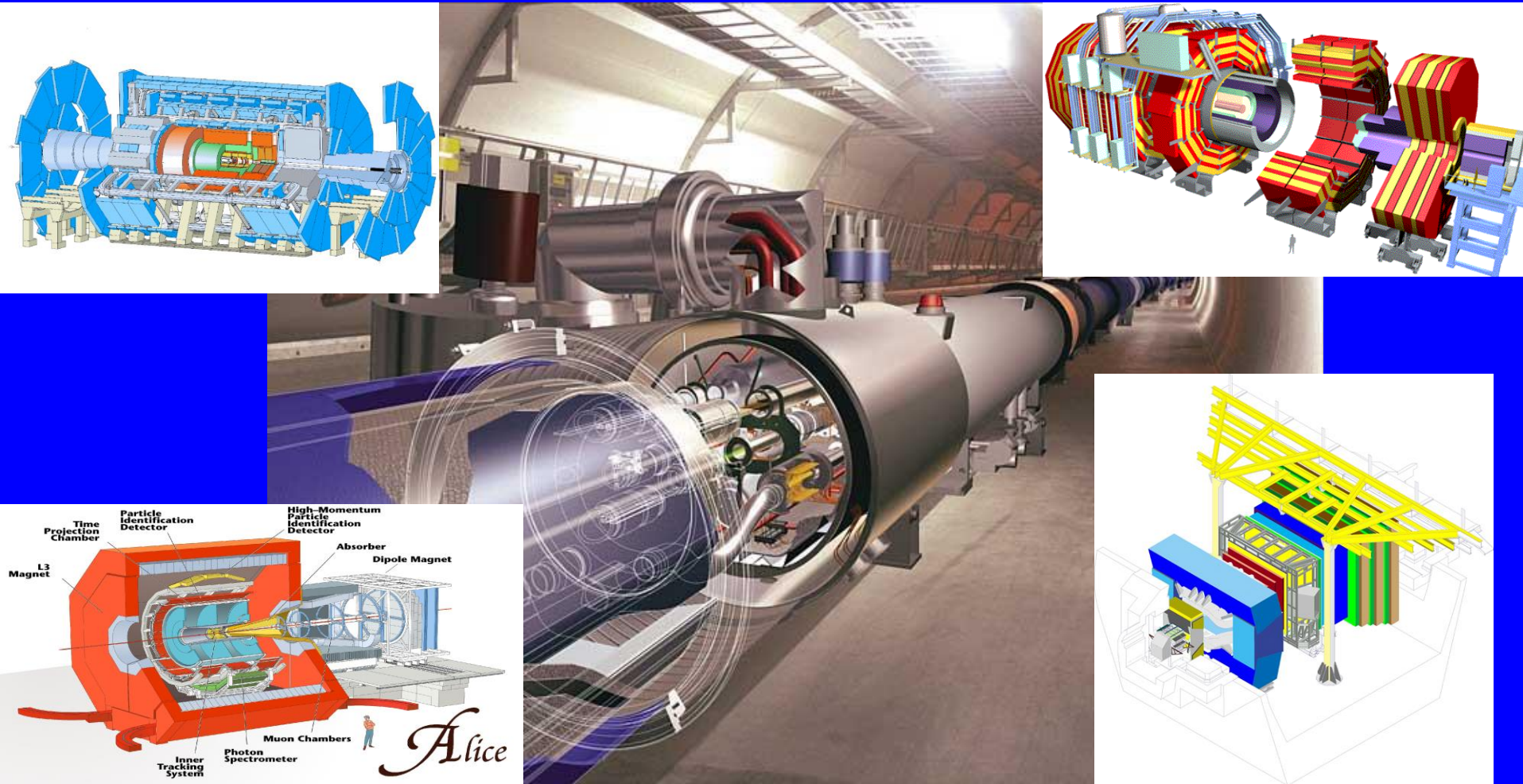
1232 μαγνητικά δίπολα στρέφουν τις δέσμες



Οι δέσμες κυκλοφορούν μέσα σε σωλήνες με πολύ υψηλό κενό, 10^{-13} atm



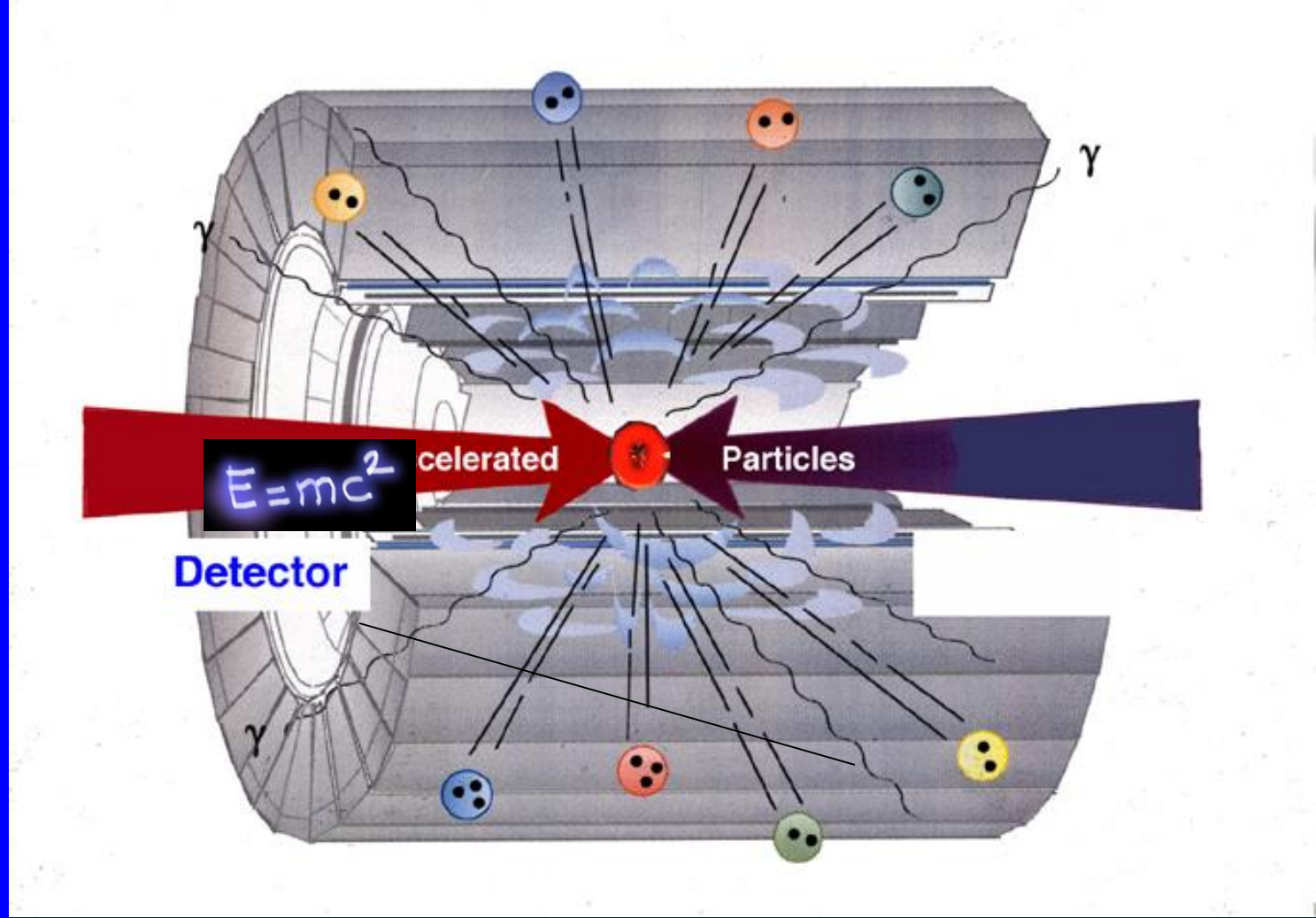
4 μεγάλα πειράματα είναι εγκατεστημένα στον δακτύλιο του LHC



Πρώτες συγκρούσεις δεσμών πρωτονίων το Νοέμβρη του 2009 (900 GeV)

Πρώτες συγκρούσεις δεσμών πρωτονίων στην ενέργεια των 7 TeV το Μάρτη του 2010

Πρώτες συγκρούσεις δεσμών πρωτονίων στην ενέργεια των 13 TeV τον Ιούνιο του 2015



1) Συγκεντρώνουμε ενέργεια πάνω στα πρωτόνια επιταχύνοντάς τα

2) Τα πρωτόνια συγκρούονται – η ενέργειά τους απελευθερώνεται στο σημείο της σύγκρουσης

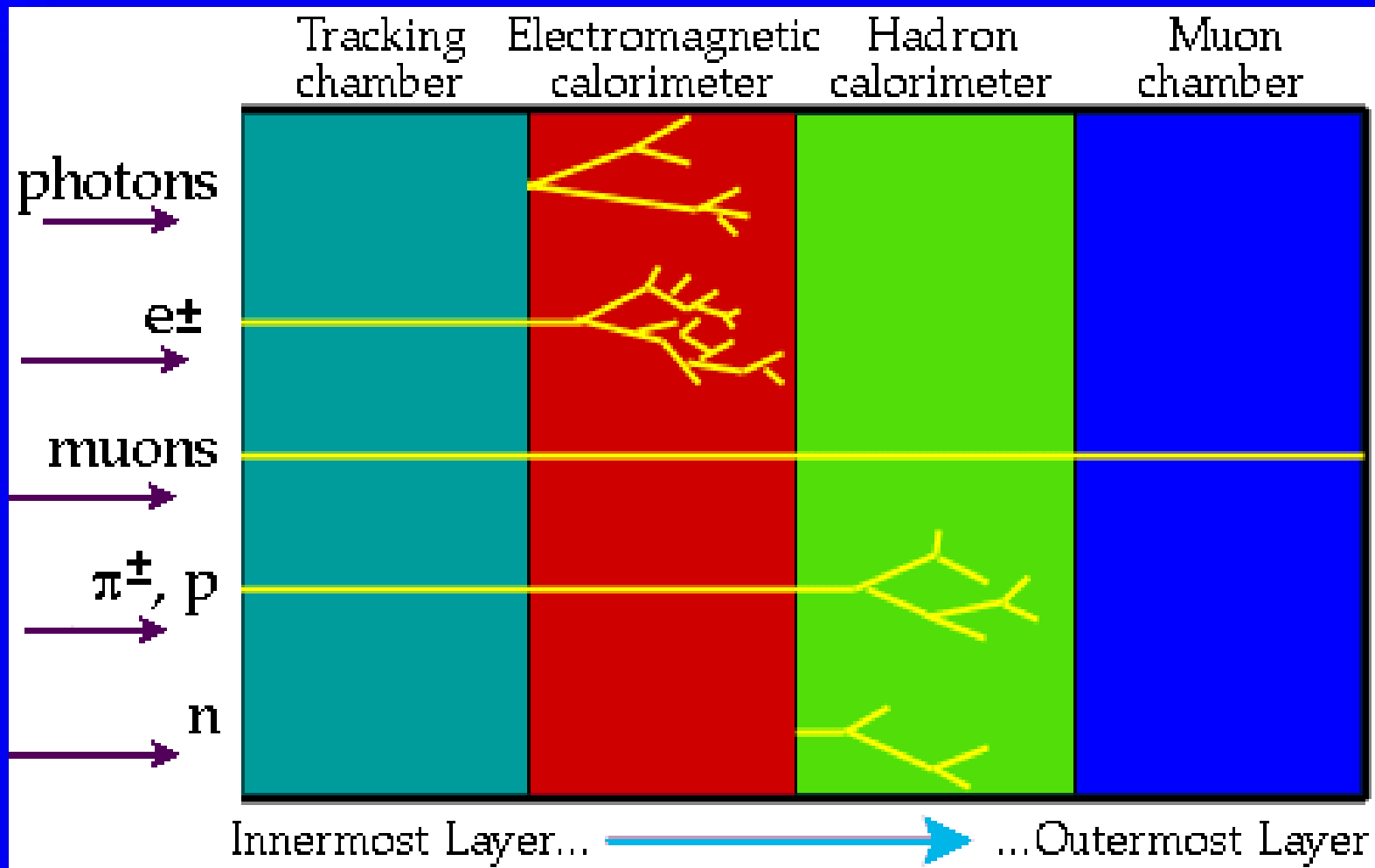
3) Παράγονται καινούργια σωμάτια λόγω μετατροπής ενέργειας σε μάζα

“βλέπουμε” αυτά τα νέα σωμάτια και μετράμε τα χαρακτηριστικά τους με τους ανιχνευτές

Ανιχνευτές

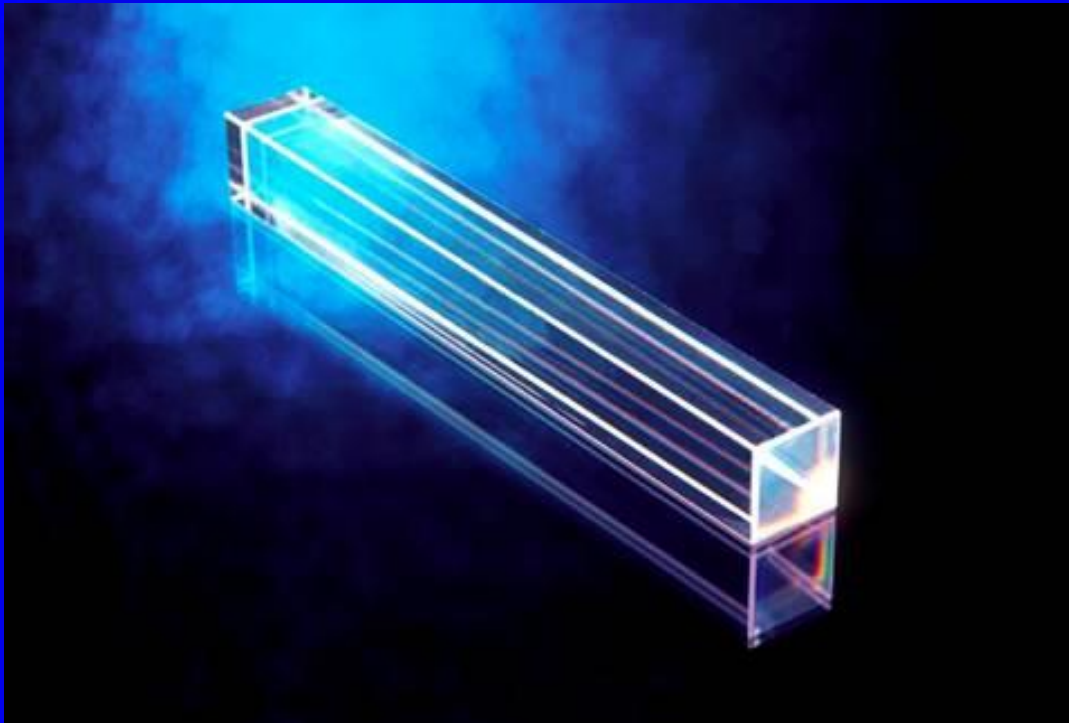
- «Βλέπουν» τα σωματίδια που παράγονται από συγκρούσεις δεσμών ή συγκρούσεις δέσμης σε σταθερό στόχο
- Η ανίχνευση στηρίζεται στις αλληλεπιδράσεις των σωματιδίων με το υλικό του ανιχνευτή που έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή ηλεκτρικού σήματος
- Διάφοροι τύποι ανιχνευτών:
 - Στερεάς κατάστασης (ημιαγωγοί – πυρίτιο),
 - Αερίου (θάλαμοι συρμάτων, παραλλήλων πλακών...)
 - Σπινθηριστές (ανόργανοι, οργανικοί)
- Δίνουν πληροφορίες για:
 - την ενέργεια του σωματιδίου (καλορίμετρα ή θερμοδόμετρα)
 - το είδος του σωματιδίου (ταυτοποίηση)
 - την τροχιά του σωματιδίου (ανιχνευτές ιχνών)

Τα περισσότερα από τα σωματίδια που παράγονται από τις συγκρούσεις ζουν ελάχιστα – διασπώνται ακαριαία και βλέπουμε τα «παιδιά» τους, τα προϊόντα της διάσπασής τους. Στους ανιχνευτές «βλέπουμε» ηλεκτρόνια, φωτόνια, μίονια, πιόνια, καόνια, πρωτόνια και πίδακες αδρονίων (από κουάρκς)



Παράδειγμα ενός ανιχνευτή φωτονίων

PbWO_4 : Βαρύ σαν μολύβι και διαφανές σαν γυαλί

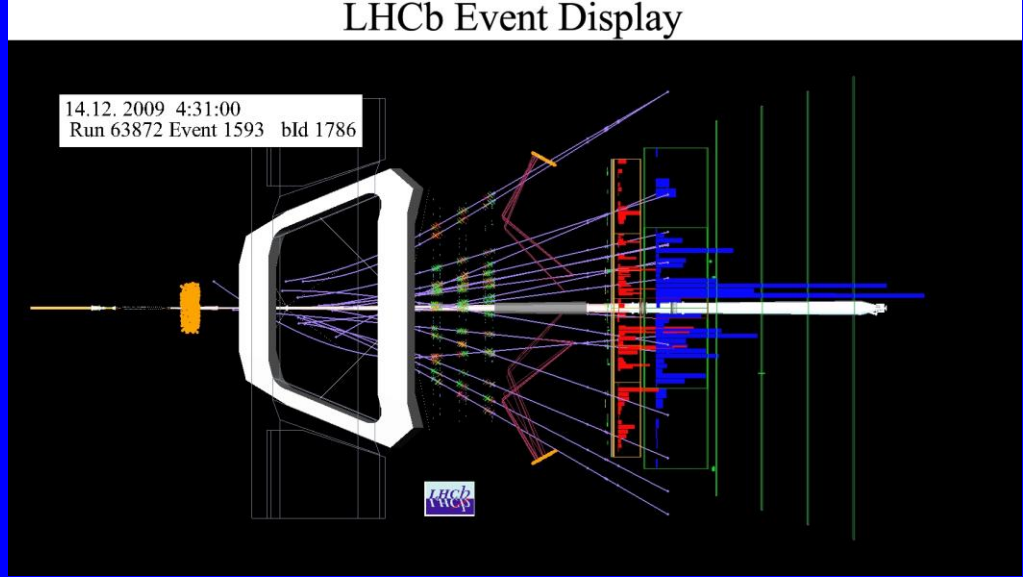
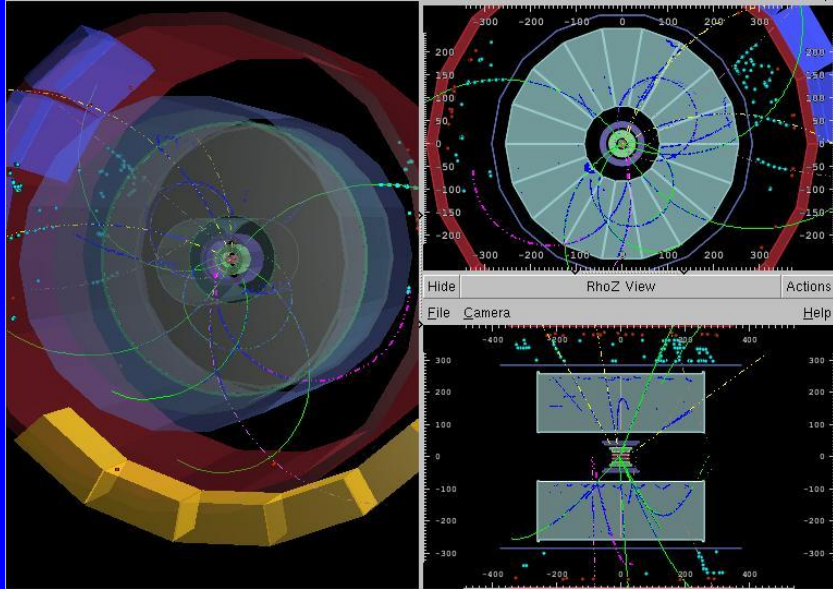


Χρησιμοποιείται στα ηλεκτρομαγνητικά καλοριμετρα

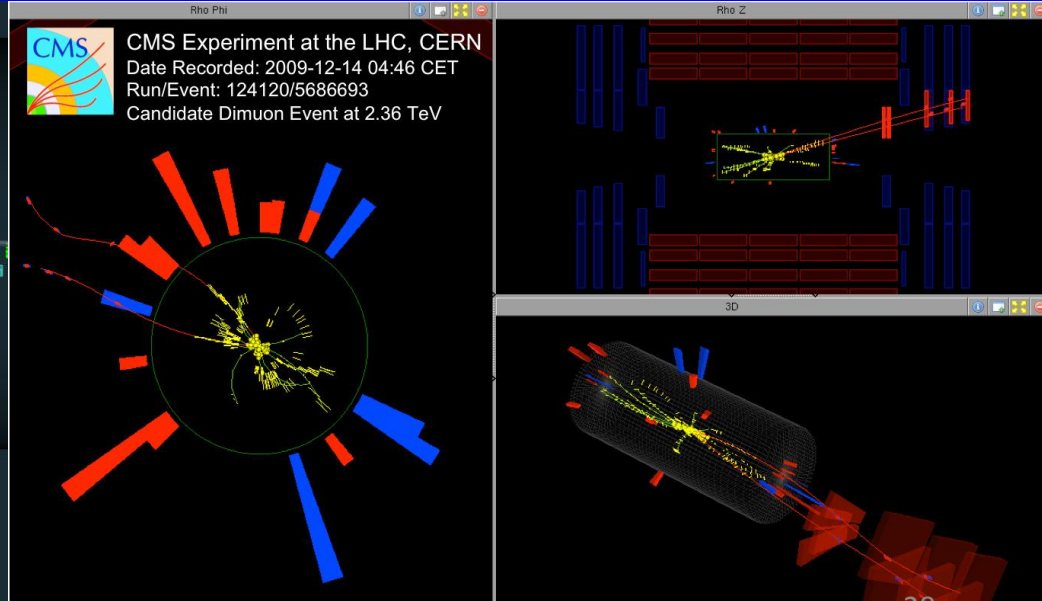
- Τα φωτόνια μετατρέπονται σε ζεύγη ηλεκτρονίων - ποζιτρονίων
- Τα ηλεκτρόνια διεγείρουν τα άτομα του κρυστάλλου
- Τα άτομα αποδιεγείρονται εκπέμποντας φως (φωτόνια UV)
- Τα φωτόνια UV ανιχνεύονται στη μια άκρη του κρυστάλλου από μια φωτοδίοδο, που μετατρέπει τα φωτόνια σε ηλεκτρόνια



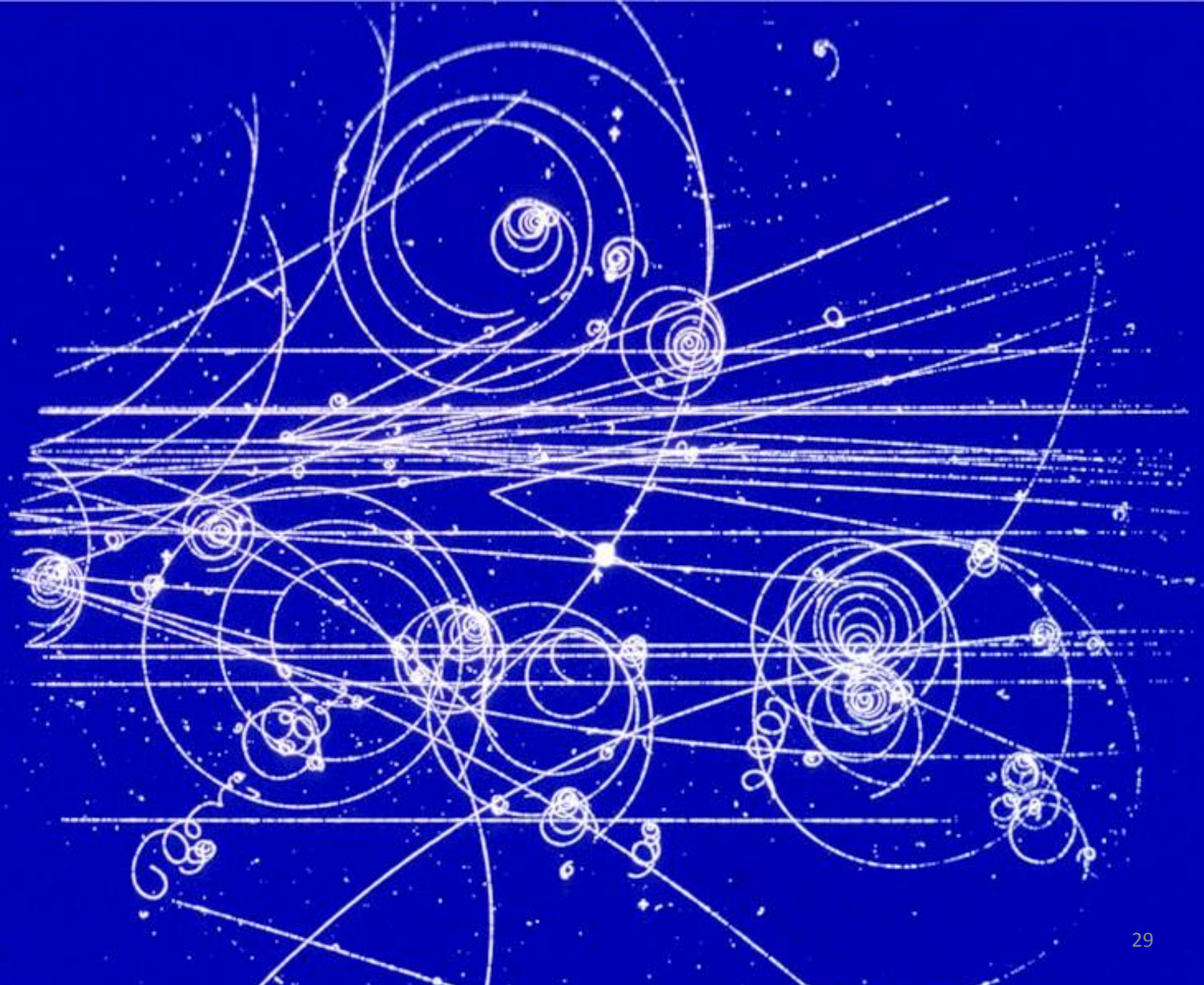
Ηλεκτρικό σήμα

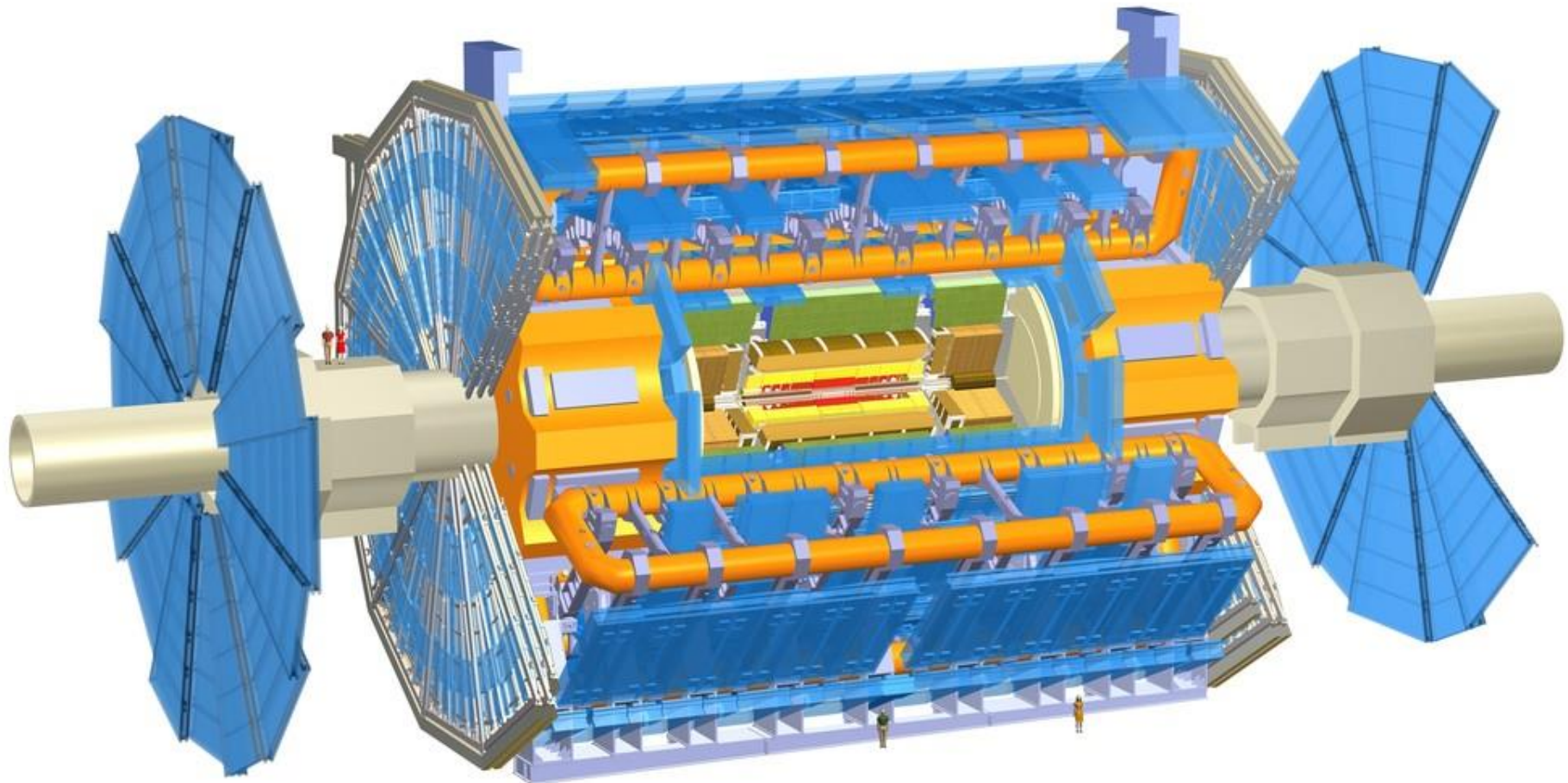


Jet Event at 2.36 TeV Collision Energy
 2009-12-14, 04:30 CET, Run 142308, Event 482137
<http://atlas.web.cern.ch/Atlas/public/EVTDISPLAY/events.html>



$p_T(\mu_1) = 3.6 \text{ GeV}$, $p_T(\mu_2) = 2.6 \text{ GeV}$, $m(\mu\mu) = 3.03 \text{ GeV}$





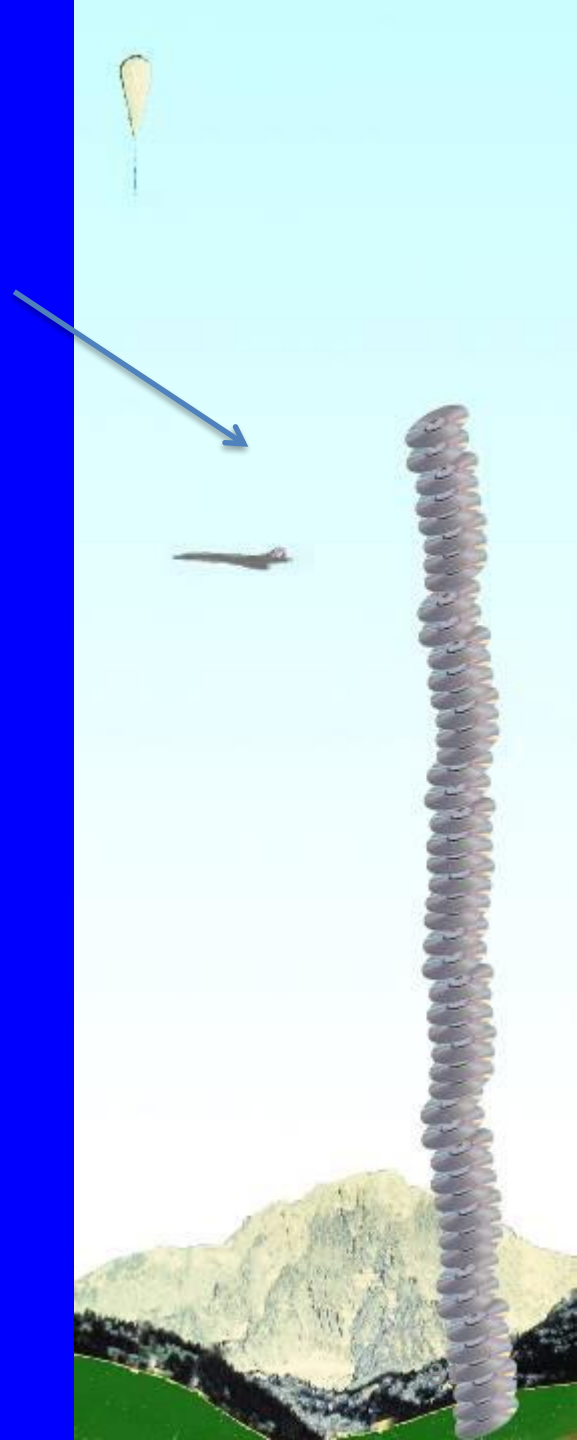
25 m x 25 m x 46 m 7000 τόνοι

Για κάθε σύγκρουση οι ανιχνευτές παράγουν ηλεκτρικά σήματα που μετατρέπονται σε ψηφιακές πληροφορίες. Αυτές διαβάζονται και καταγράφονται από υπολογιστές

20 km CD
το χρόνο
απο τα
πειράματα
του LHC

Χιλιάδες υπολογιστές σε εκατοντάδες υπολογιστικά κέντρα σε όλο τον κόσμο συνδεδεμένοι στο grid μοιράζονται την υπολογιστική τους δύναμη και τα συστήματα αποθήκευσης πληροφορίας για την ανάλυση των δεδομένων

The GRID



Το LHC ψάχνει απαντήσεις στα αναπάντητα ερωτήματα



Γιατί έχουν μάζα τα σωματίδια; Υπάρχει το Higgs;



Υπάρχει μια μόνο δύναμη που ενοποιεί όλες τις δυνάμεις;



Γιατί υπάρχουν 3 γενιές; Μήπως υπάρχουν περισσότερες;



Υπάρχει κάτι πέρα από το καθιερωμένο πρότυπο – υπερσυμμετρία;



Τι είναι η σκοτεινή ύλη;

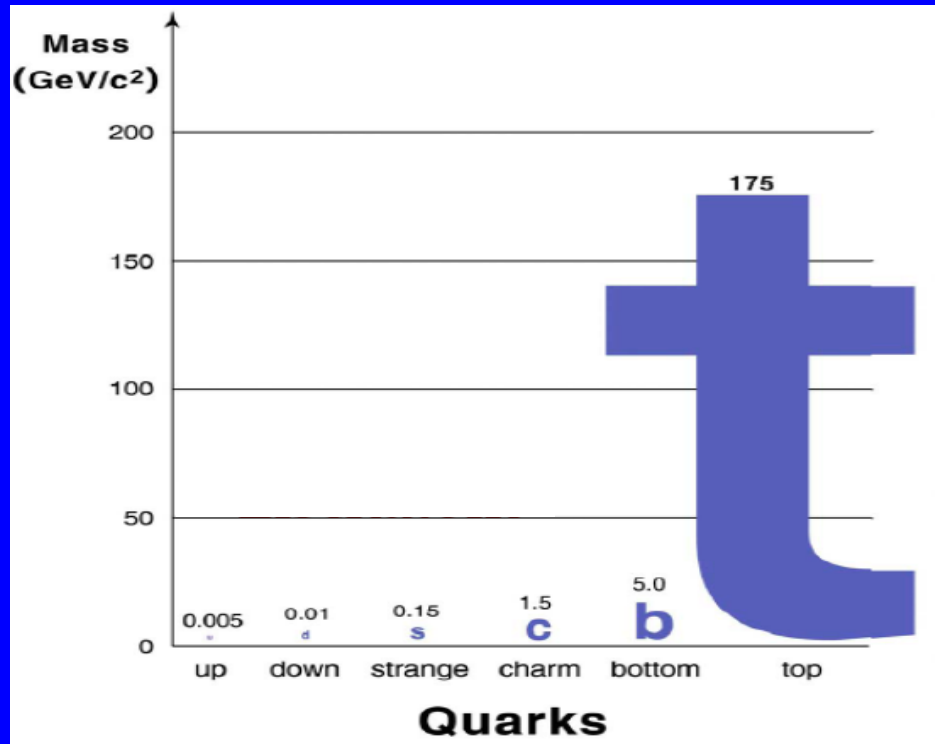


Που πήγε η αντιύλη;



Υπάρχει ασυμμετρία ανάμεσα σε ύλη και αντιύλη ;

Γιατί τα σωματίδια έχουν μάζα;
Γιατί έχουν τόσο διαφορετικές μάζες;



Πιθανή απάντηση ο Μηχανισμός Higgs* που προβλέπει και την ύπαρξη του σωματιδίου Higgs

*Englert-Brout-Higgs-Guralnik-Hagen-Kibble mechanism

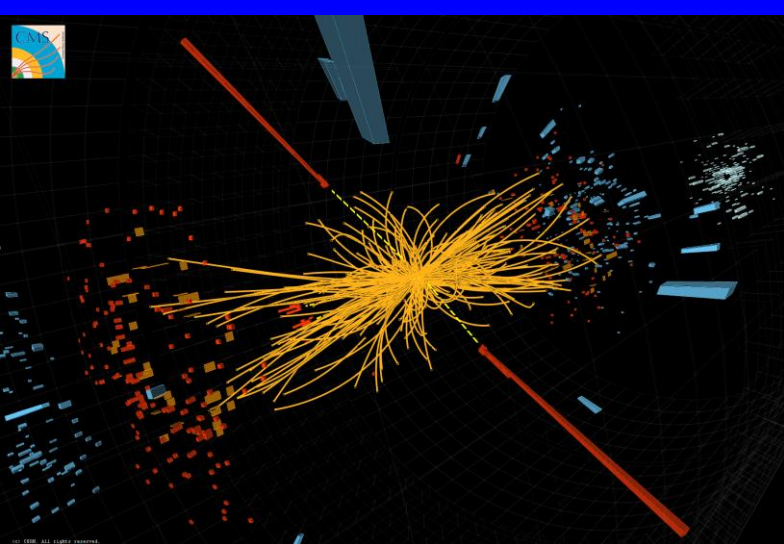
Το Καθιερωμένο Πρότυπο προβλέπει ότι οι μάζες των σωματιδίων είναι μηδενικές.

Το πεδίο Higgs γεμίζει το σύμπαν και η αλληλεπίδραση των σωματιδίων με αυτό τους δίνει μάζα, μεγάλη ή μικρή, ανάλογα με την ισχύ της αλληλεπίδρασης. Με το πεδίο Higgs συνδέεται το μποζόνιο Higgs



Ο Peter Higgs επισκέπτεται το πείραμα ALICE CERN Open Day - Απρίλιος 2008



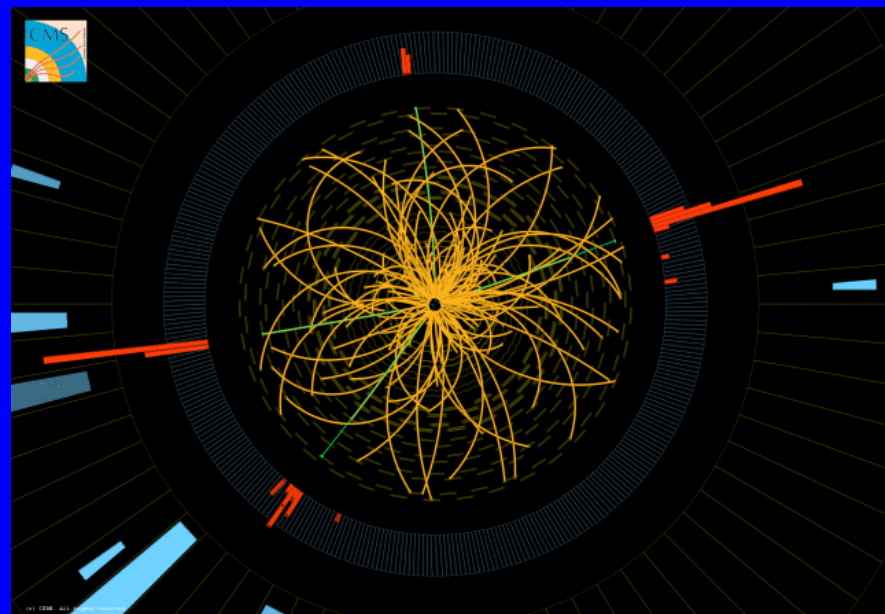


Μποζόνιο Higgs :
το βλέπουμε από τις διασπάσεις του

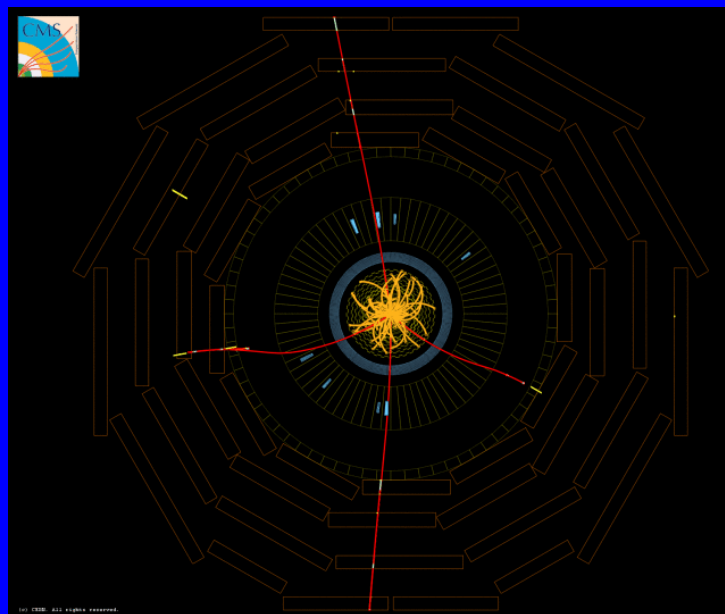
- $H \rightarrow \gamma\gamma$
- $H \rightarrow ZZ \rightarrow \mu\mu\mu\mu$
- $H \rightarrow ZZ \rightarrow eeee$
- $H \rightarrow WW$
- $H \rightarrow \tau\tau$
- $H \rightarrow bb$

Σύγκρουση πρωτονίου-πρωτονίου
όπου παρατηρούνται 2 φωτόνια

Higgs candidate events

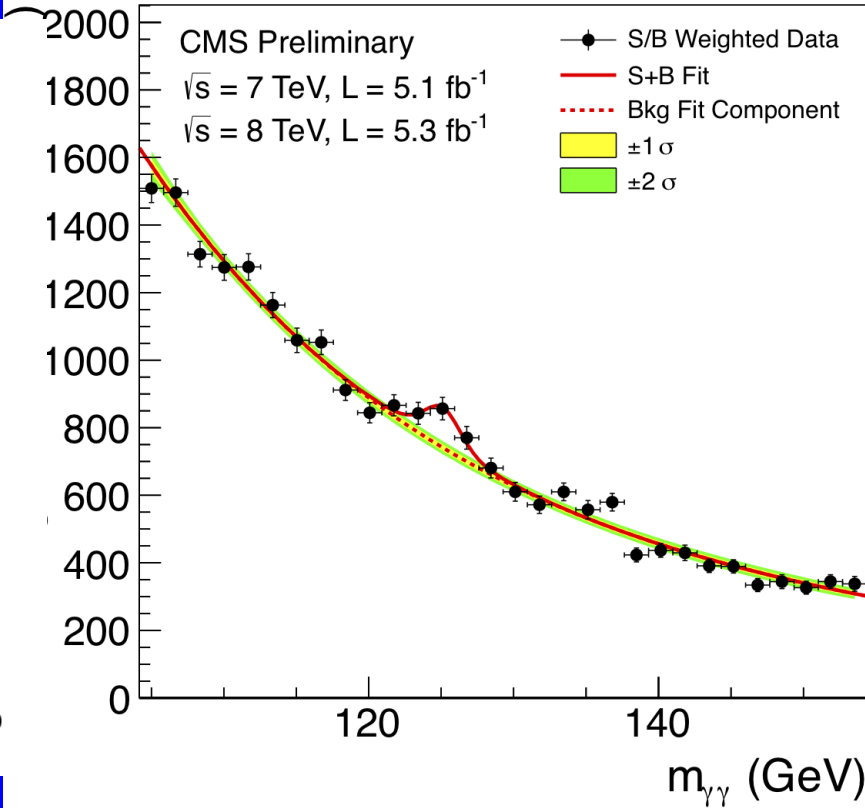
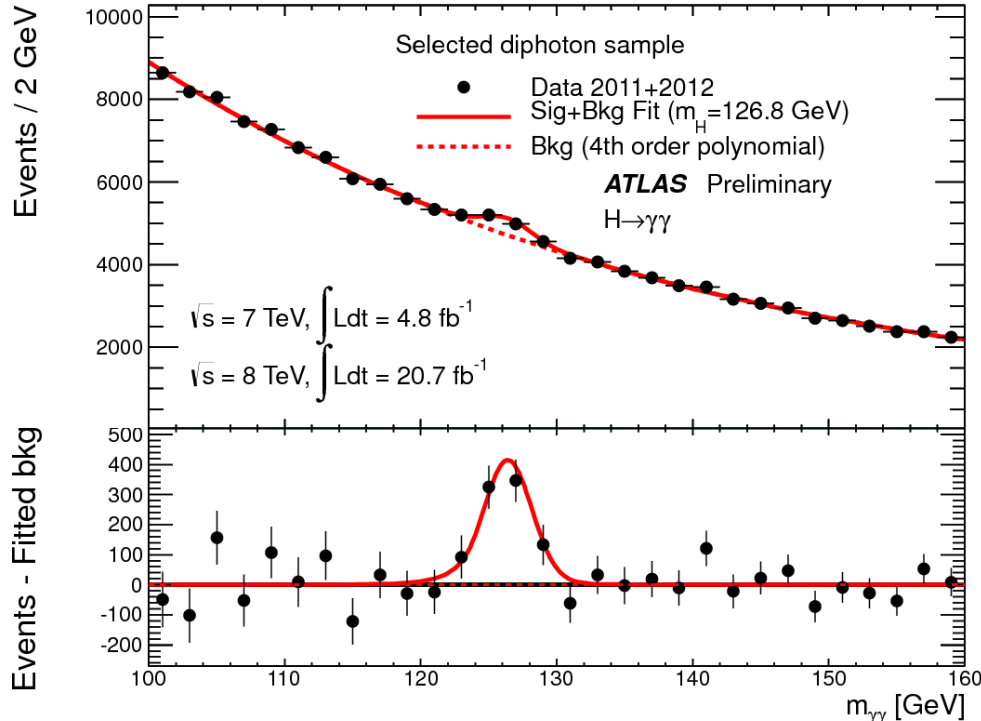


Σύγκρουση πρωτονίου-πρωτονίου όπου
παρατηρούνται 4 ηλεκτρόνια



Σύγκρουση πρωτονίου-πρωτονίου
όπου παρατηρούνται 4 μίονια

Αν το Higgs διασπάται σε δύο φωτόνια , αναζητούμε όλα τα γεγονότα με δύο φωτόνια και υπολογίζουμε την αμετάβλητη μάζα τους



Πρέπει να διαχωρίσουμε το Higgs από το υπόβαθρο (συνεχής γραμμή)
 Αναζητούμε πλεόνασμα γεγονότων σε κάποια περιοχή

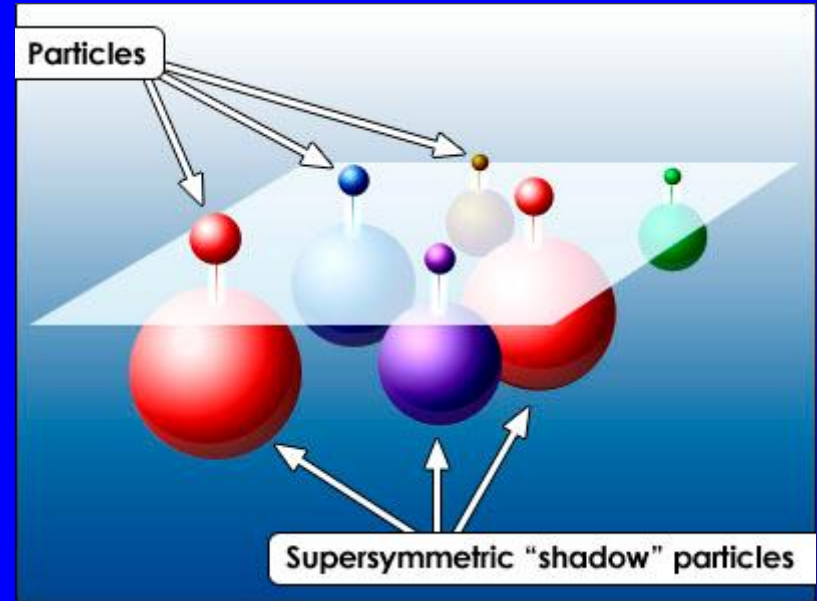
Υπερσυμμετρία – SuperSymmetry (SUSY)

Συμμετρία ανάμεσα στην ύλη (στοιχειώδη σωματάρια -> φερμιόνια) και τις δυνάμεις (φορείς των δυνάμεων -> μποζόνια)

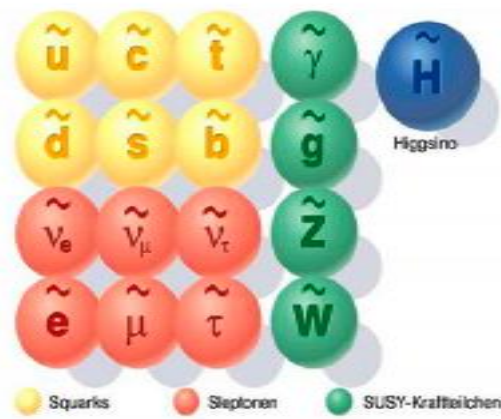
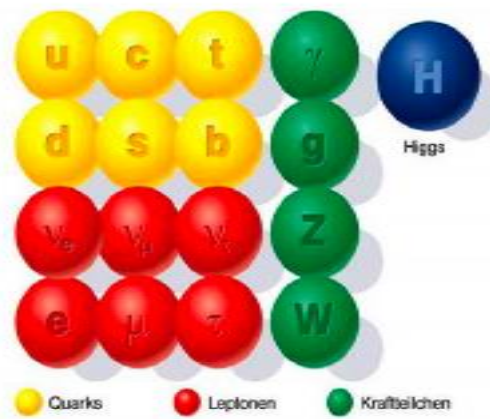
Τι χρειάζεται ;

Για να ενοποιήσει τις δυνάμεις

Για να λύσει προβλήματα στο καθιερωμένο πρότυπο (αποκλίσεις στη μάζα του Higgs)



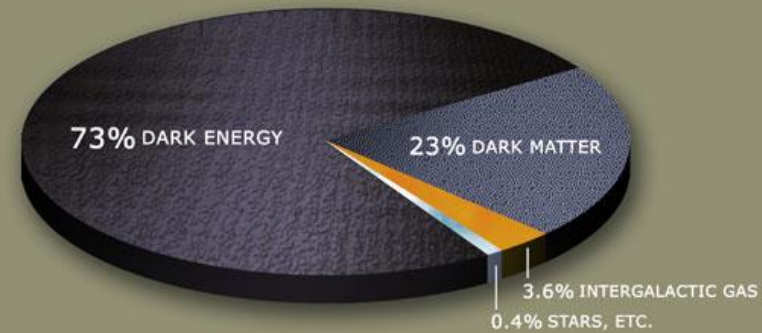
σωματάρια καθιερωμένου προτύπου | Υπερσυμμετρικά σωματάρια



Καθε σωματάρια με spin s έχει το υπερσυμμετρικό του με spin $s-1/2$

Quark ($s=1/2$) -> squark ($s=0$)
 Gluon ($s=1$) -> gluino ($s=1/2$)

Σκοτεινή ύλη



4 % μόνο είναι η ύλη που βλέπουμε



Τα υπερσυμμετρικά σωματίδια θα μπορούσαν να είναι η απάντηση

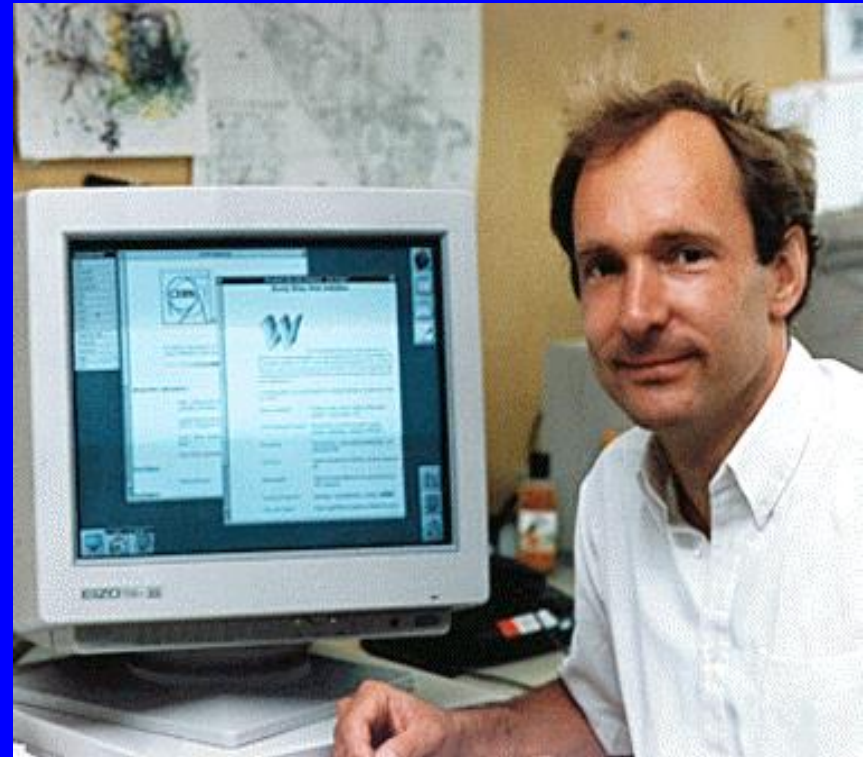
Από τα βαρυτικά της αποτελέσματα - ταχύτητες περιστροφής γαλαξιών – ξέρουμε ότι στο σύμπαν υπάρχει μεγάλη ποσότητα σκοτεινής ύλης - ύλης που δεν εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και άρα δεν την βλέπουμε

Πέρα από το καθιερωμένο πρότυπο

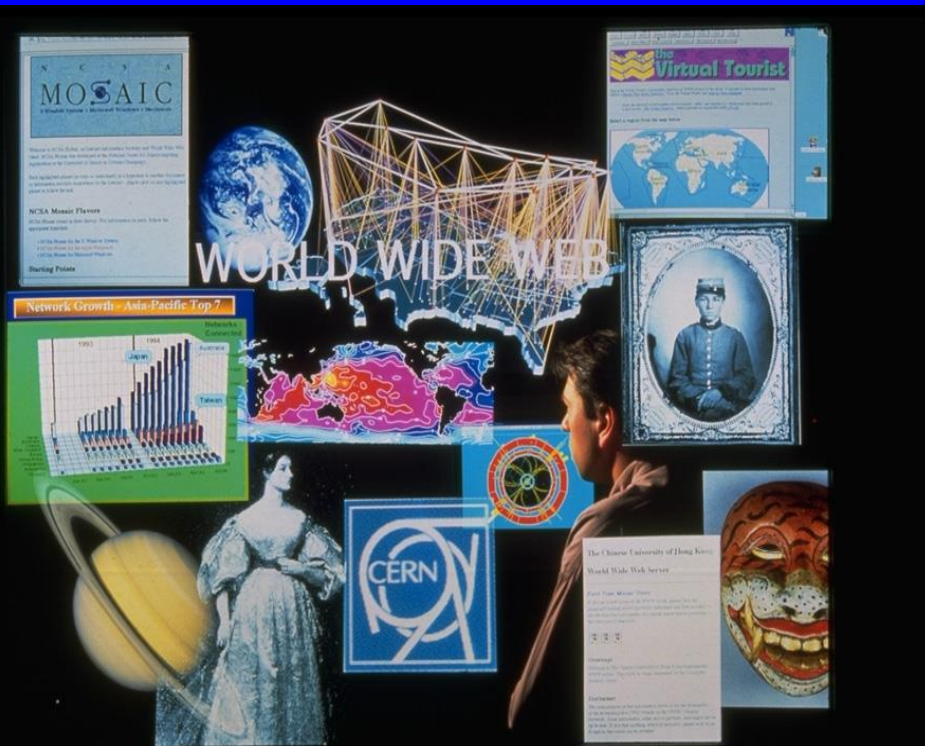
- Αναζήτηση υπερσυμμετρίας
δεν έχουμε δει πειραματική ένδειξη
- Άλλα εξωτικά που θα εξηγούσαν τη σκοτεινή ύλη
e.g. WIMPs : weakly interacting massive particles
δεν έχουμε δει πειραματική ένδειξη
- Το καθιερωμένο πρότυπο φαίνεται πως είναι η θεωρία που περιγράφει τον κόσμο μας
- Υψηλότερη ενέργεια από το 2015 και μετά – μεγαλύτερη φωτεινότητα δεσμών από το 2021 : αυξημένη δυνατότητα ανακαλύψεων

World Wide Web

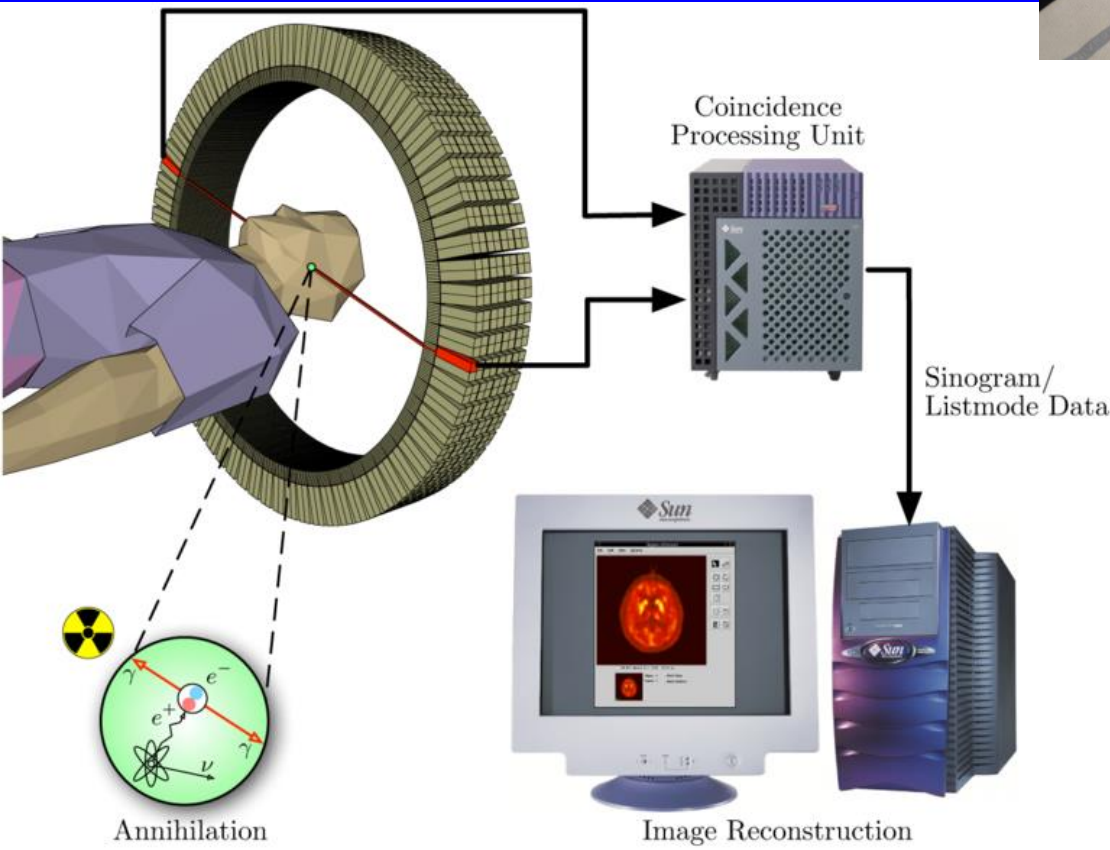
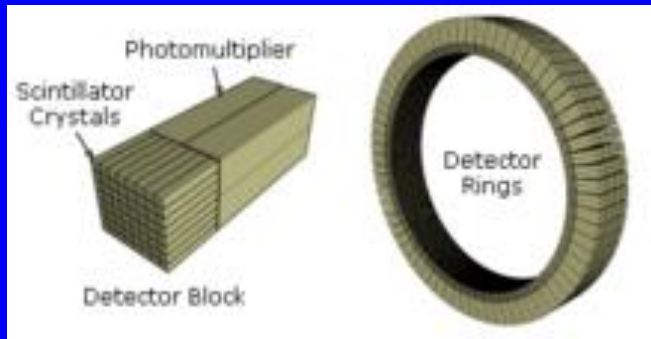
Επινοήθηκε από τον **Tim Berners-Lee**,
Ερευνητή στο **CERN**, το **1989**,
Για να ικανοποιήσει τις ανάγκες των φυσικών
σε Ινστιτούτα σε όλο τον κόσμο να
μοιράζονται αυτόματα τις πληροφορίες



Το WWW σε συνδυασμό με το
Internet έχει αλλάξει τον τρόπο
ζωής μας



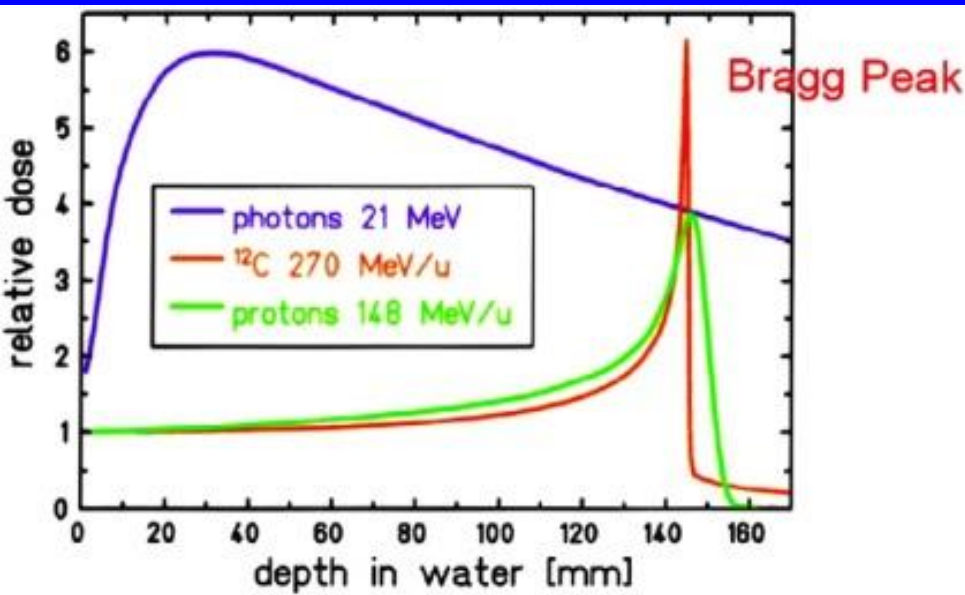
Positron Emission Tomography (PET)



Και πολλά άλλα spin-offs

- επιταχυντές στην ιατρική
- Παραγωγή ραδιοισοτόπων
- Ακτινοβολήση ασθενών
- Τεχνολογία υψηλού κενού
- Τεχνολογία υπεραγωγίων μαγνητών
- Κρυογενικά συστήματα
- Γρήγορα ηλεκτρονικά
- Γρήγοροι υπολογιστές

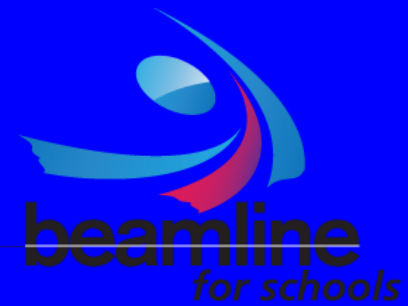
Θεραπεία με αδρόνια



Με πρωτόνια ή ιόντα άνθρακα μπορούμε να ρυθμίσουμε σε τι βάθος αποτίθεται η μέγιστη ενέργεια και να καταστρέψουμε μόνο τον όγκο και όχι τους υγιείς ιστούς



The Beam Line for Schools competition



A competition for teams of high school students (age 16 and up)

- Teams can propose a physics experiment
- CERN provides 1 week of mixed beam composed of pions, protons, antiprotons, electrons, positrons or muons at the PS accelerator
- One or two winning teams will be invited to CERN to carry out their experiment together with CERN scientists
- Registration closes 31 March 2018



Video: <http://cds.cern.ch/record/1757251>

<http://cern.ch/bl4s>

επιπλέον

Η Ελλάδα στο CERN

- Η Ελλάδα είναι ένα από τα 12 ιδρυτικά μέλη του CERN
- Ελληνικές ερευνητικές ομάδες ομάδες συμμετέχουν
- Στο πείραμα **ATLAS** του LHC (Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Πανεπιστήμιο Αθήνας, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο)
- Στο πείραμα **CMS** του LHC (Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Πανεπιστήμιο Αθήνας, Δημόκριτος)
- Στο πείραμα **ALICE** του LHC (Πανεπιστήμιο Αθηνas)
- Στο πείραμα **CAST** (Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Πανεπιστήμιο Αθήνας, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, Δημόκριτος, Πανεπιστήμιο Πάτρας)
- Πολλοί Έλληνες θεωρητικοί συνεργάζονται με το τμήμα θεωρητικής φυσικής
- Διάφοροι Έλληνες έχουν θέσεις στο CERN
- Πολλοί νέοι κάνουν διδακτορικά συμμετέχοντας στα πειράματα του LHC, το **CAST** η σε θέματα φυσικής επιταχυντών

Ευκαιρίες για νέους

- Summer students
 - Doctoral students
 - Technical students
 - Administrative students
 - CERN fellows
-
- High School Teachers' Programme
-
- Positions (HR Department) web pages
-
- Visits
 - Virtual visits
 - Participation in masterclasses

Εχουμε πάρει κάποια απάντηση μέχρι τώρα;

Μας χρειάζεται μεγάλη ολική φωτεινότητα

Υπενθύμιση

Τα φαινόμενα που μελετάμε είναι στατιστικά.

Αναζητούμε φαινόμενα σπάνια (που συμβαίνουν με πολύ μικρή πιθανότητα)



Ενεργός διατομή :

μετριέται σε barn: $1 \text{ barn} = 10^{-24} \text{ cm}^2 = 10^{-28} \text{ m}^2$

Ολική φωτεινότητα :

μετριέται σε αντίστροφες μονάδες της ενεργού διατομής inverse barns (b^{-1})

Στο LHC : φωτεινότητα $10^{33} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ (και αργότερα $10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$)

έχουμε περίπου $2 \times 10^7 \text{ seconds/year}$ ολ. Φωτ. 20 inverse femtobarns (fb^{-1})

ΑΝΑΚΑΛΥΨΗ : 5 σ στατιστική σημαντικότητα (πιθανότητα ένα σε τρία εκατομύρια το φαινόμενο να είναι στατιστική διακύμανση)

Το καινούριο μποζόνιο που ανακαλύφθηκε ανακοινώθηκε σαν “Higgs-like”

Για να βεβαιωθούμε αν είναι το Higgs που προβλέπεται από το καθιερωμένο πρότυπο ή κάτι άλλο (SUSY) πρέπει να απαντηθούν τα εξής

1. Παρατηρούμε όλες τις δυνατές διασπάσεις που προβλέπονται από το καθιερωμένο πρότυπο;
2. Οι διασπάσεις που παρατηρούμε συμβαίνουν με τη σωστή πιθανότητα;
3. Ποιές είναι οι βασικές ιδιότητες του καινούριου μποζονίου (spin, parity)?

Ματά από παρουσίαση πρόσφατων αποτελεσμάτων στο Moriond conference την προηγούμενη βδομάδα:

Η καθοριστική ιδιότητα που θα μας επιτρέψει να πούμε αν είναι η όχι το σωματίο Higgs λέγεται spin. Αν το σωματίο αυτό έχει spin μηδέν, τότε είναι το Higgs. Αν όχι, τότε είναι κάτι διαφορετικό και δυνατόν να συνδέεται με τη βαρύτητα. Όλη η ανάλυση μέχρι τώρα δείχνει ότι έχει spin μηδέν, χωρίς όμως να μπορεί να αποκλείσει τελείως τη δυνατότητα να έχει spin δύο.

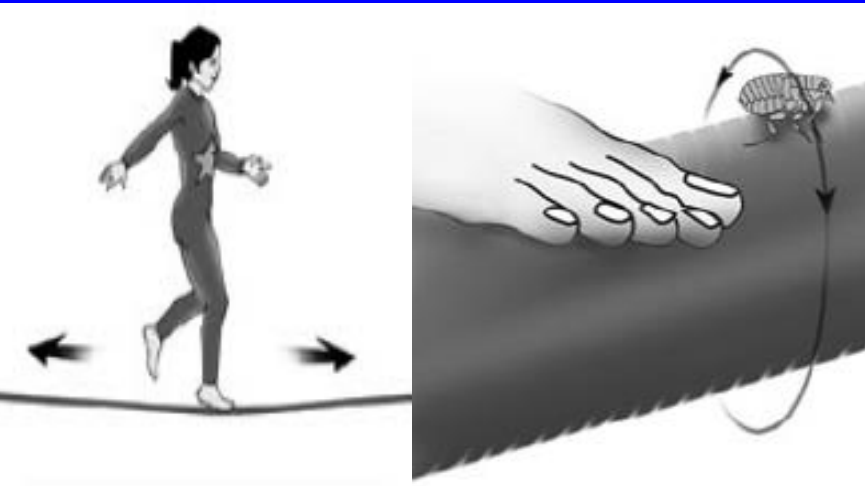
Μήπως ζούμε σε χώρο πολλών διαστάσεων (extra dimensions);

Ο ακροβάτης κινείται σε **μια** διάσταση
Το έντομο κινείται σε **δύο** διαστάσεις, αλλά η
μια είναι **πολύ μικρή**

Μπορεί να υπάρχουν επιπλέον διαστάσεις αλλά
θα είναι **τόσο μικρές** που **δεν μπορούμε να τις**
αντιληφθούμε

Αν υπάρχουν επιπλέον διαστάσεις, θα
μπορούσαν να εξηγήσουν το μυστήριο της
βαρύτητας: γιατί είναι τόσο ασθενέστερη από
όλες τις άλλες δυνάμεις

Ίσως δρα μερικώς σε μια άλλη διάσταση



Η θεωρία των χορδών (string theory) επίσης απαιτεί επιπλέον διαστάσεις

- Τα πρωτόνια μπαίνουν στο LHC σε πακέτα (με 100 δισεκατομύρια πρωτόνια) κάθε 25 ns;
- Επιταχύνονται από 450 GeV στα 3.5 TeV
- Φτάνουν σε ταχύτητα **99.9999991%** της ταχύτητας του φωτός
- **40 εκατομύρια φορές/s** τα πακέτα περνούν από τα σημεία σύγκρουσης
 - Τα πρωτόνια κάνουν το γύρο του LHC **11245 φορές/s**
 - 31.2 MHz crossing rate
 - 20 συγκρούσεις κατά μέσο όρο (100 σε 100 δισεκατομύρια πρωτόνια)
 - **600 εκατομύρια συγκρούσεις το δευτερόλεπτο**
- Μετά από φιλτράρισμα, 100 συγκρούσεις το δευτερόλεπτο
 - 1 Megabyte πληροφορίες από κάθε σύγκρουση
 - 0.1 Gigabyte / δευτερόλεπτο
 - 10^{10} συγκρούσεις το χρόνο
 - **10 Petabyte το χρόνο**

1 Megabyte (1MB)

Ψηφιακή φωτογραφία

1 Gigabyte (1GB) = 1000MB

DVD movie

1 Terabyte (1TB) = 1000GB

Παγκόσμια ετήσια παραγωγή βιβλίων

1 Petabyte (1PB) = 1000TB

Ετήσια παραγωγή ενός από τα πειράματα του LHC

1 Exabyte (1EB) = 1000 PB

Παγκόσμια ετήσια παραγωγή πληροφορίας