

Καλώς ήρθατε στο CERN!



GREEK TEACHER PROGRAMME 2022

31.08.2022

Δέσποινα Χατζηφωτιάδου, INFN Bologna και CERN

Τι σημαίνει το όνομα *CERN*;

Conseil
Européen pour la
Recherche
Nucléaire

European
Council for
Nuclear
Research

1953

Τι είναι το *CERN*;

Organisation

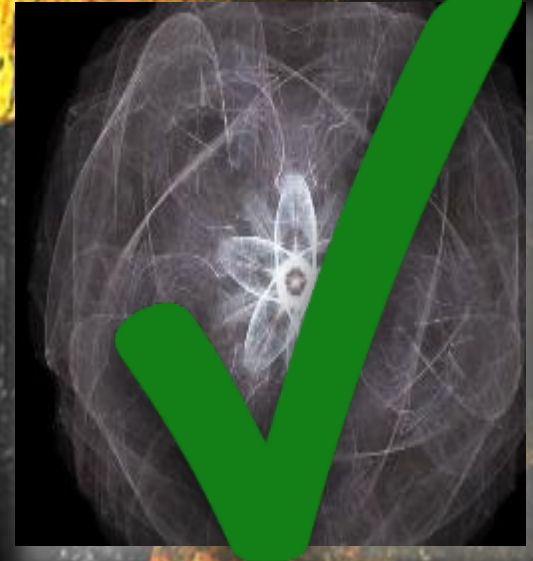
Européenne pour la
Recherche
Nucléaire

European
Organization for
Nuclear
Research

Ευρωπαϊκός Οργανισμός Πυρηνικής Έρευνας

1954

Πυρηνική έρευνα;





Ευρωπαϊκό εργαστήριο για τη φυσική των σωματιδίων

Member States of CERN

Member States (date of accession)

-  Austria (1959)
-  Belgium (1953)
-  Bulgaria (1999)
-  Czech Republic (1993)
-  Denmark (1953)
-  Finland (1991)
-  France (1953)
-  Germany (1953)
-  Greece (1953)
-  Hungary (1992)
-  Israel (2014)
-  Italy (1953)
-  Netherlands (1953)
-  Norway (1953)
-  Poland (1991)
-  Portugal (1986)
-  Romania (2016)
-  Serbia (2019)
-  Slovakia (1993)
-  Spain (1961-1968, 1983-)

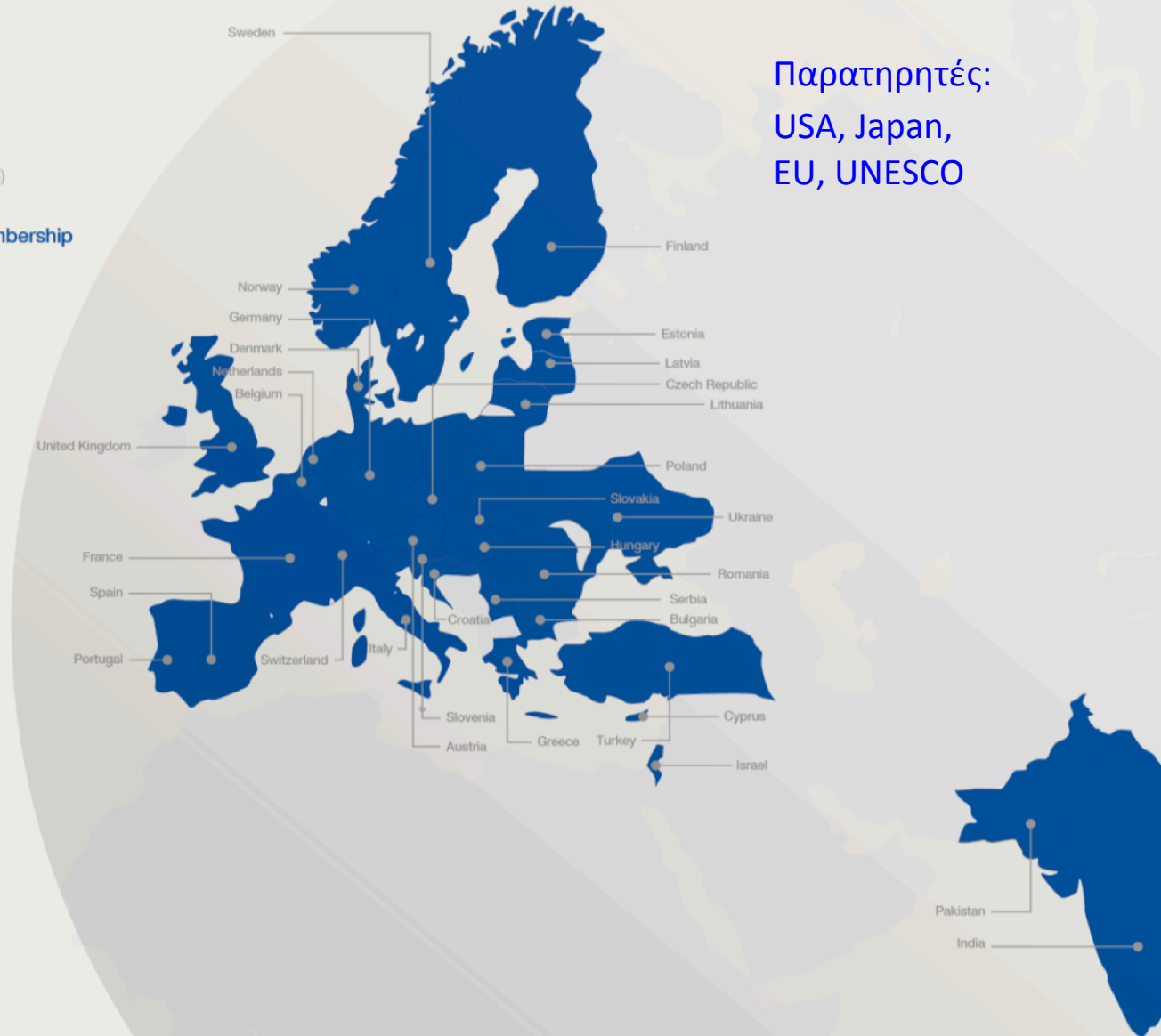
-  Sweden (1953)
-  Switzerland (1953)
-  United Kingdom (1953)

States in accession to Membership and Associate Members

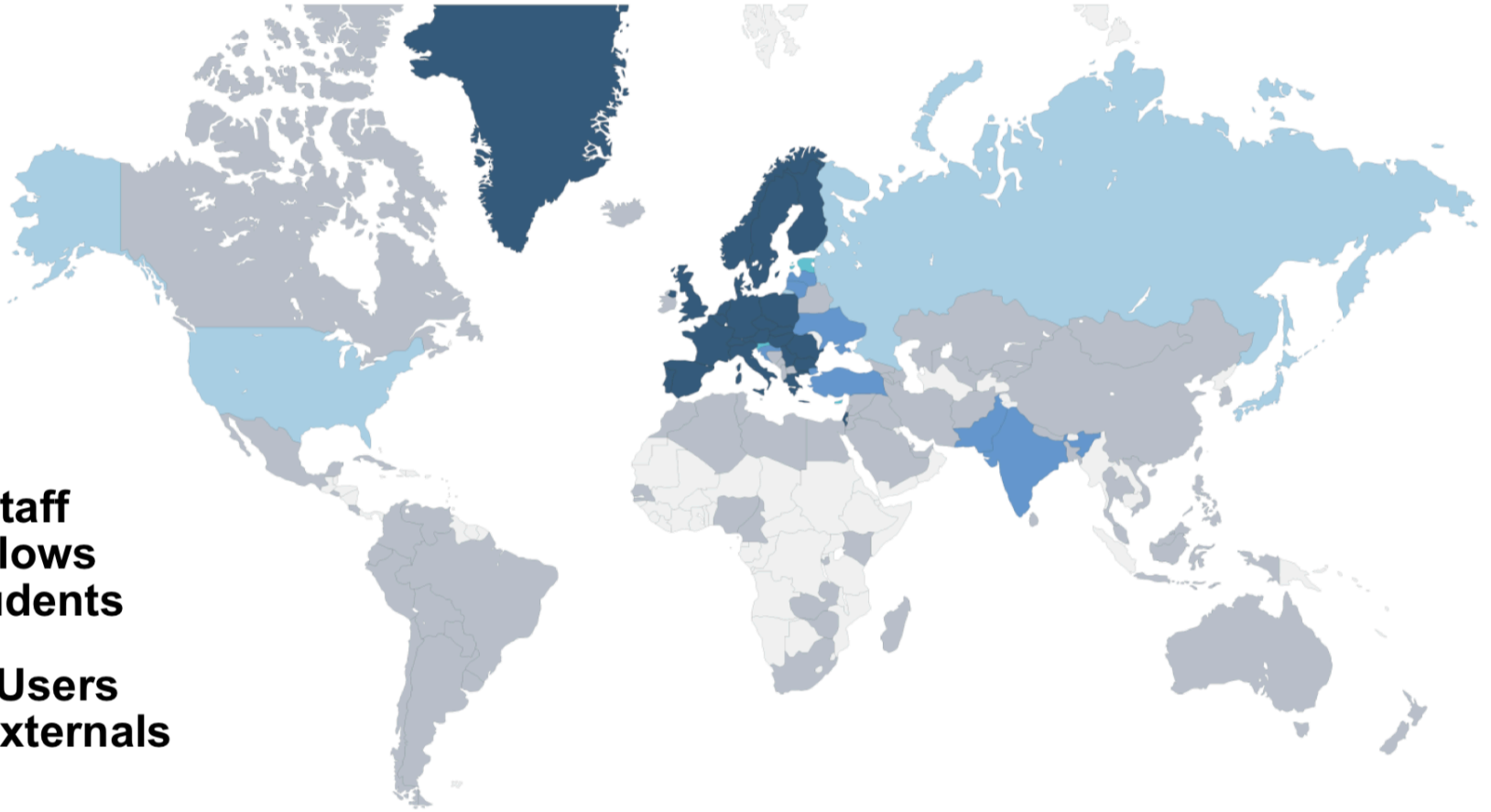
-  Croatia (2019)
-  Cyprus (2016)
-  Estonia (2021)
-  India (2017)
-  Latvia (2021)
-  Lithuania (2018)
-  Pakistan (2015)
-  Slovenia (2017)
-  Turkey (2015)
-  Ukraine (2016)

23 κράτη-μέλη
10 associate members

Παρατηρητές:
USA, Japan,
EU, UNESCO

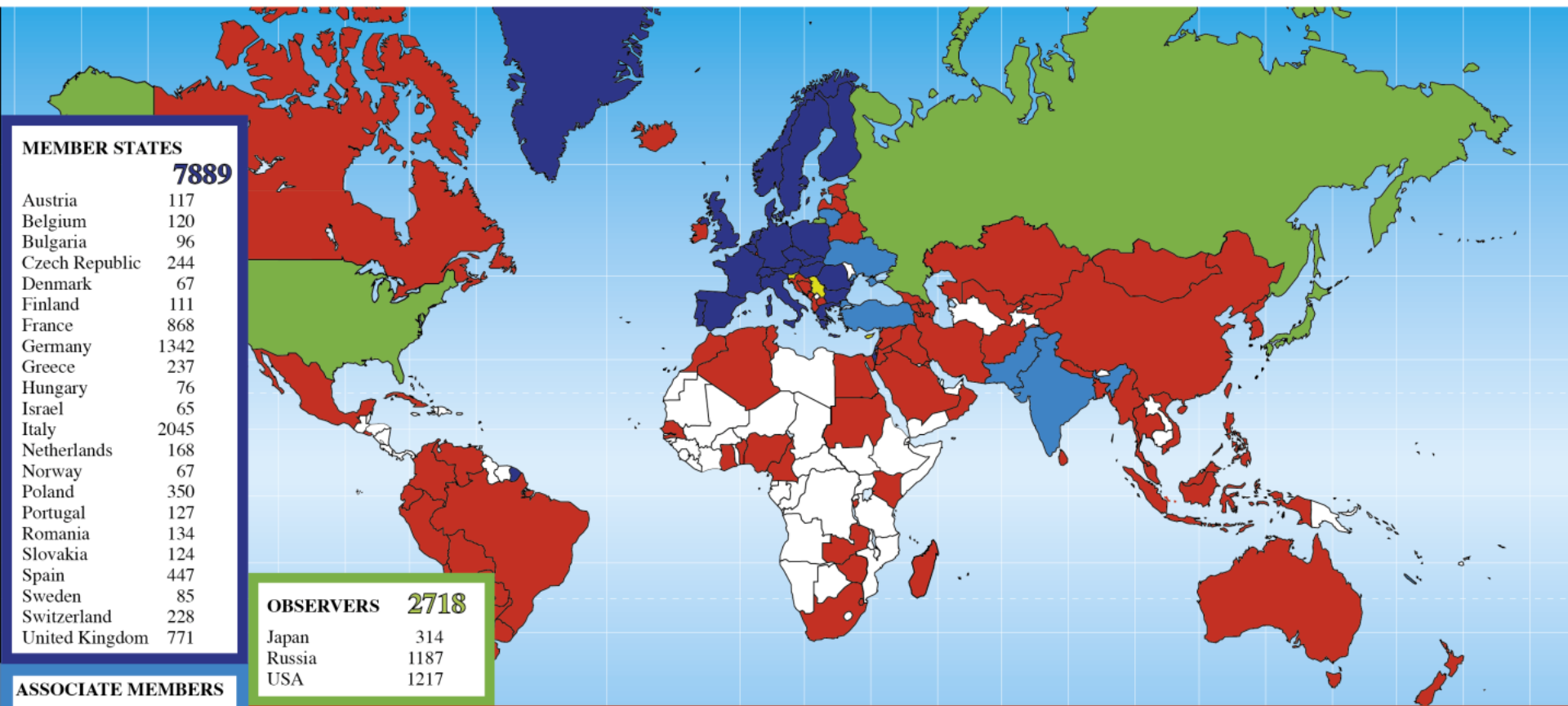


2,600 Staff
800 Fellows
550 Students
15,000 Users
2,000 Externals



Ετήσιος προϋπολογισμός:
~ 1.2 δισεκατομμύρια CHF (~ 1.2 δισεκατομμύρια ευρώ)

Distribution of All CERN Users by Nationality on 24 January 2018



MEMBER STATES **7889**

Austria	117
Belgium	120
Bulgaria	96
Czech Republic	244
Denmark	67
Finland	111
France	868
Germany	1342
Greece	237
Hungary	76
Israel	65
Italy	2045
Netherlands	168
Norway	67
Poland	350
Portugal	127
Romania	134
Slovakia	124
Spain	447
Sweden	85
Switzerland	228
United Kingdom	771

OBSERVERS **2718**

Japan	314
Russia	1187
USA	1217

ASSOCIATE MEMBERS **745**

India	357
Lithuania	35
Pakistan	65
Turkey	173
Ukraine	115

ASSOCIATE MEMBERS IN THE PRE-STAGE TO MEMBERSHIP **118**

Cyprus	26
Serbia	57
Slovenia	35

31.08.2022

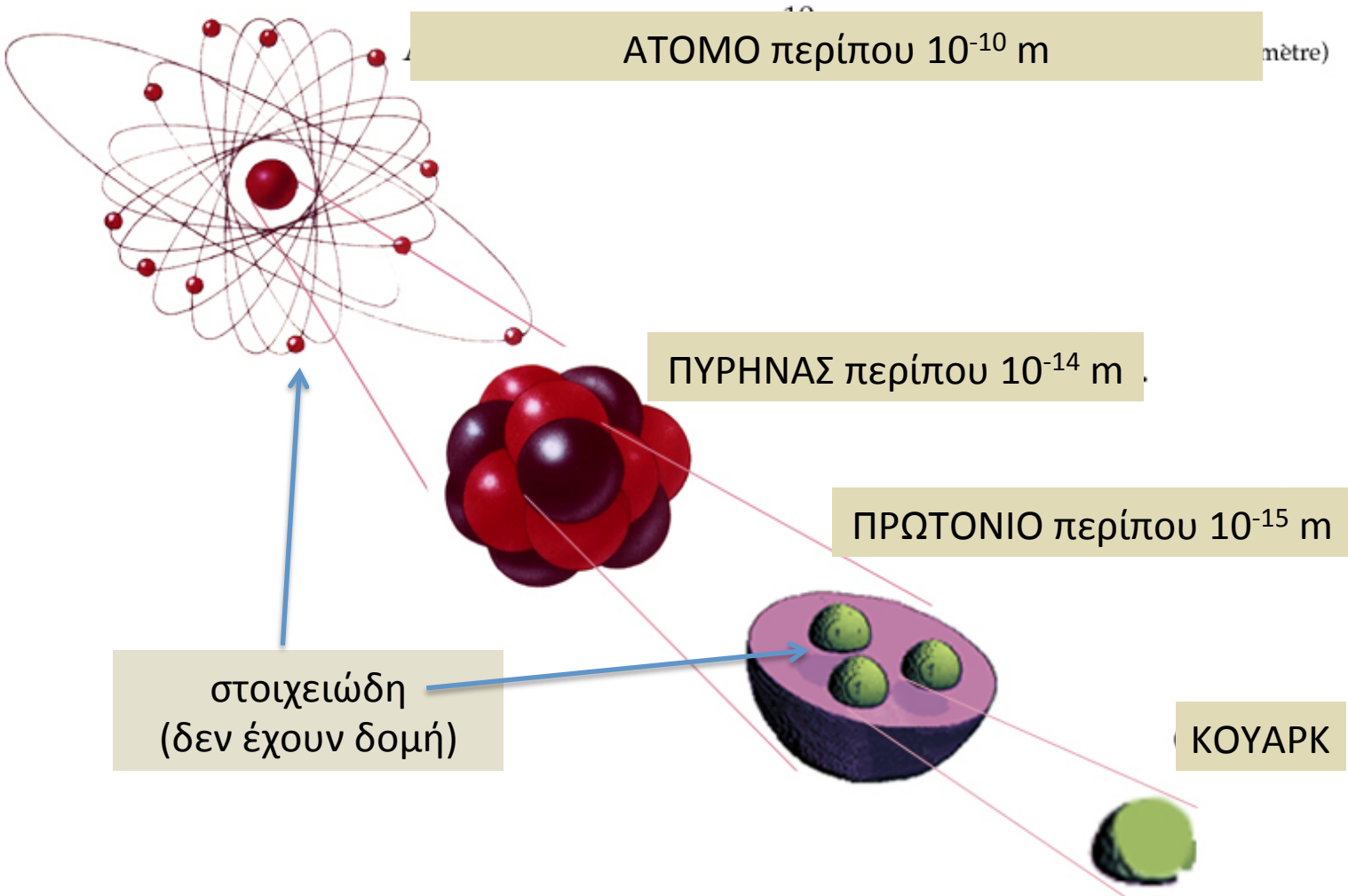
OTHERS **1872**

Afghanistan	1	Bolivia	4	Egypt	31	Kazakhstan	5	Mongolia	2	Philippines	3	Thailand	22
Albania	3	Bosnia & Herzegovina	2	El Salvador	1	Kenya	3	Montenegro	11	Saint Kitts and Nevis	1	T.F.Y.R.O.M.	2
Algeria	14	Burundi	1	Estonia	15	Korea Rep.	185	Morocco	20	Saudi Arabia	2	Tunisia	5
Argentina	27	Cameroon	1	Georgia	46	Kyrgyzstan	1	Myanmar	1	Senegal	1	Uruguay	1
Armenia	19	Canada	161	Ghana	1	Latvia	2	Nepal	10	Senegal	1	Uzbekistan	4
Australia	31	Chile	20	Hong Kong	1	Lebanon	23	New Zealand	5	Singapore	4	Venezuela	10
Azerbaijan	10	China	510	Iceland	3	Luxembourg	2	Nigeria	3	South Africa	56	Viet Nam	13
Bangladesh	11	Colombia	45	Indonesia	11	Madagascar	4	North Korea	1	Sri Lanka	6	Zambia	1
Belarus	48	Croatia	41	Iran	51	Malaysia	15	Oman	3	Sudan	1	Zimbabwe	2
Benin	1	Cuba	12	Iraq	1	Malta	9	Palestine (O.T.)	7	Swaziland	1		
		Ecuador	6	Ireland	16	Mauritius	1	Paraguay	2	Syria	1		
				Jordan	1	Mexico	82	Peru	7	Taiwan	51		

Βασική έρευνα













- Στο CERN, χρησιμοποιώντας επιταχυντές και ανιχνευτές, μελετάμε:
- Τα στοιχειώδη σωματΙΑ από τα οποία είναι φτιαγμένη όλη η ύλη στο σύμπαν
- Τις θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις





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

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

Οι δυνάμεις στη φύση

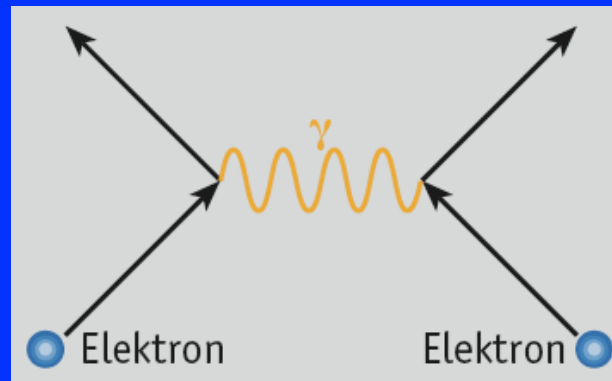
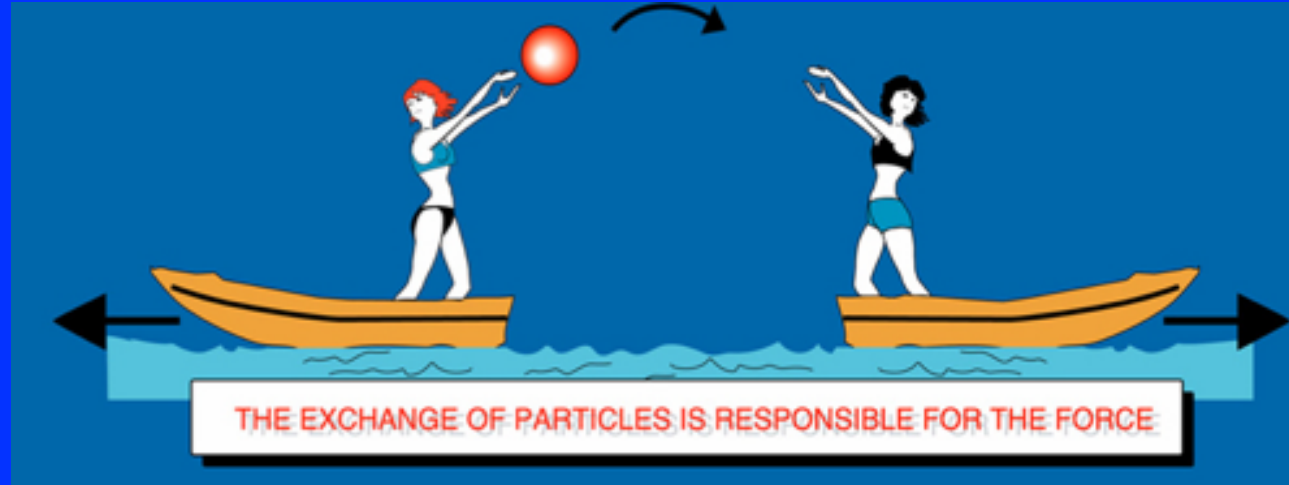
Τα σωματίδια αλληλεπιδρούν-αισθάνονται το ένα το άλλο- με διάφορες δυνάμεις

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



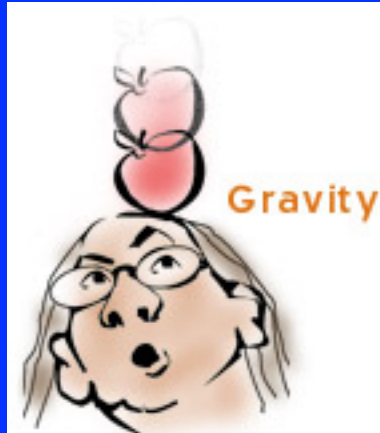
Διάγραμμα Feynman

4 θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις

4 θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις

βαρυτικά φαινόμενα
Κινήσεις ουρανίων
σωμάτων
ισχύς: 10^{-39}
Εμβέλεια: άπειρη
Φορέας: βαρυτόνιο;

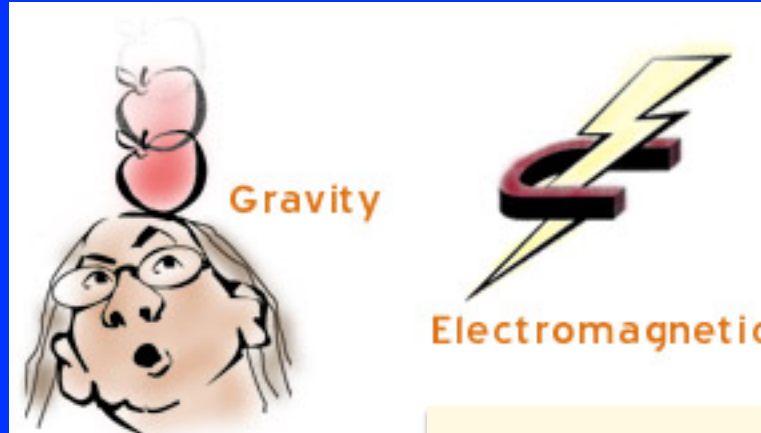
βαρυτική



4 θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις

βαρυτικά φαινόμενα
Κινήσεις ουρανίων
σωμάτων
ισχύς: 10^{-39}
Εμβέλεια: άπειρη
Φορέας: βαρυτόνιο;

βαρυτική



Ατομο
Ηλεκτρικά/μαγνητικά
φαινόμενα
ισχύς: $1/137$
Εμβέλεια: άπειρη
Φορέας: φωτόνιο

ηλεκτρομαγνητική

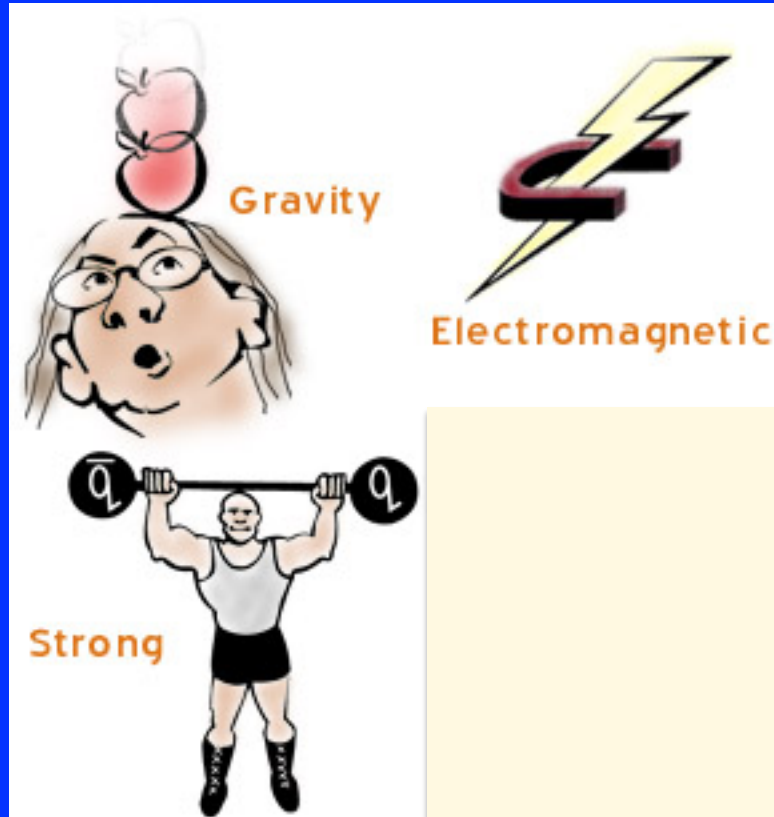
4 θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις

βαρυτικά φαινόμενα
Κινήσεις ουρανίων
σωμάτων
ισχύς: 10^{-39}
Εμβέλεια: άπειρη
Φορέας: βαρυτόνιο;

βαρυτική

Σταθερότητα των πυ-
ρήνων, εγκλωβισμός
των κουάρκ
ισχύς: 1
Εμβέλεια: 10^{-15} m
Φορέας: γλουόνιο

ισχυρή



Ατομο
Ηλεκτρικά/μαγνητικά
φαινόμενα
ισχύς: $1/137$
Εμβέλεια: άπειρη
Φορέας: φωτόνιο

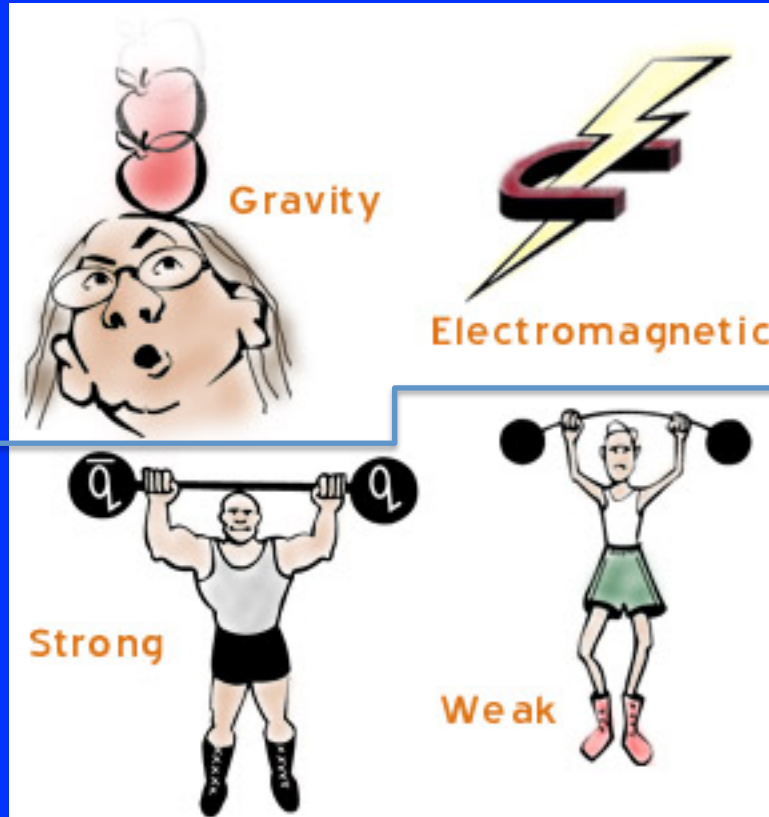
ηλεκτρομαγνητική

4 θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις

βαρυτικά φαινόμενα
Κινήσεις ουρανίων
σωμάτων
ισχύς: 10^{-39}
Εμβέλεια: άπειρη
Φορέας: βαρυτόνιο;

βαρυτική

Αντιλαμβάνομαστε τα
αποτελέσματά τους



Ατομο
Ηλεκτρικά/μαγνητικά
φαινόμενα
ισχύς: $1/137$
Εμβέλεια: άπειρη
Φορέας: φωτόνιο

ηλεκτρομαγνητική

Σταθερότητα των πυρηνών, εγκλωβισμός των κουάρκ
ισχύς: 1
Εμβέλεια: 10^{-15} m
Φορέας: γλουόνιο

ισχυρή

Δεν τις αντιλαμβάνομαστε
εύκολα στον μακρόκοσμο

Ραδιενεργός βήτα
διάσπαση
 $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$
ισχύς: 10^{-5}
Εμβέλεια: 10^{-18} m
Φορέας: W,Z-μποζόνια

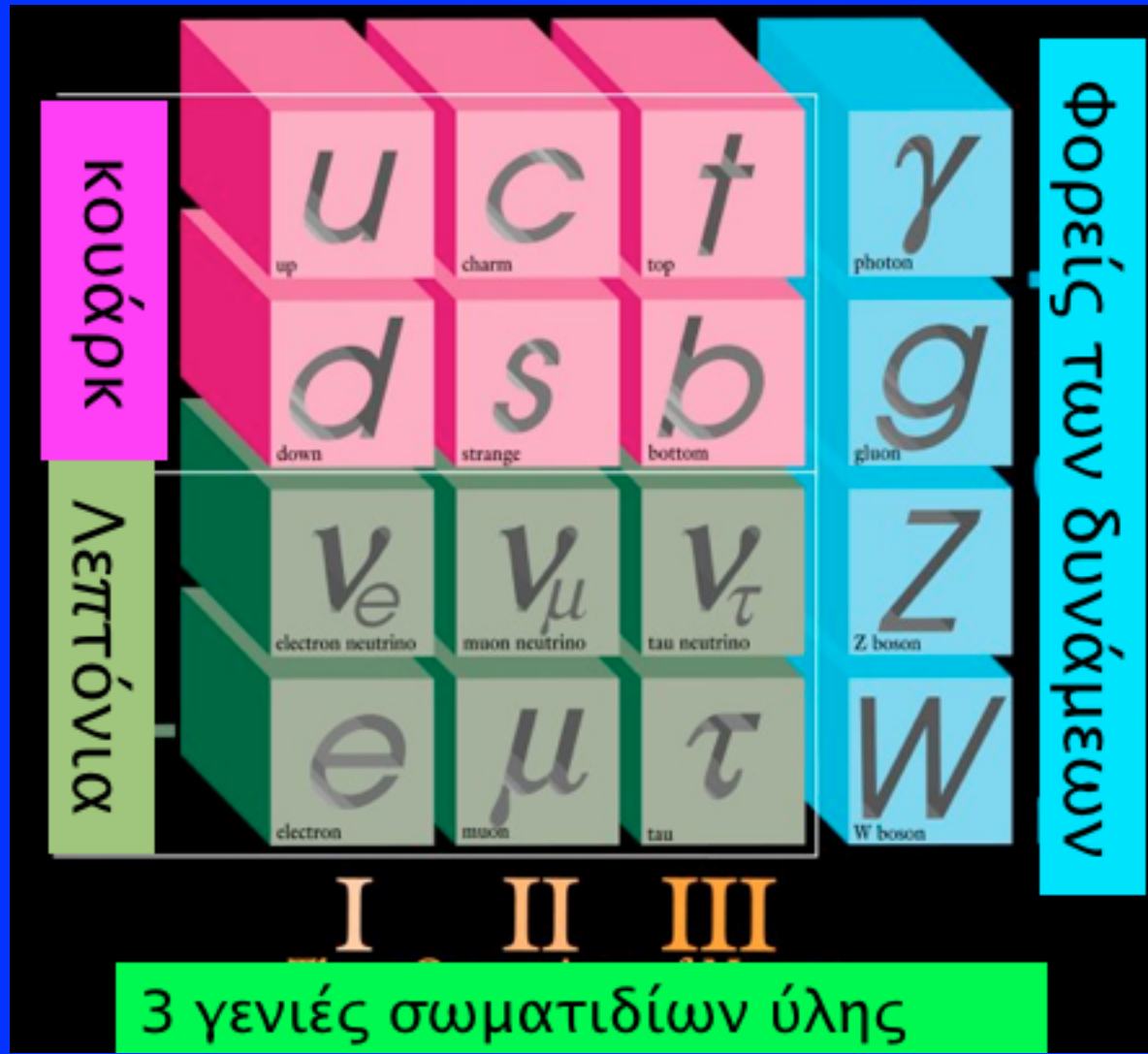
ασθενής

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

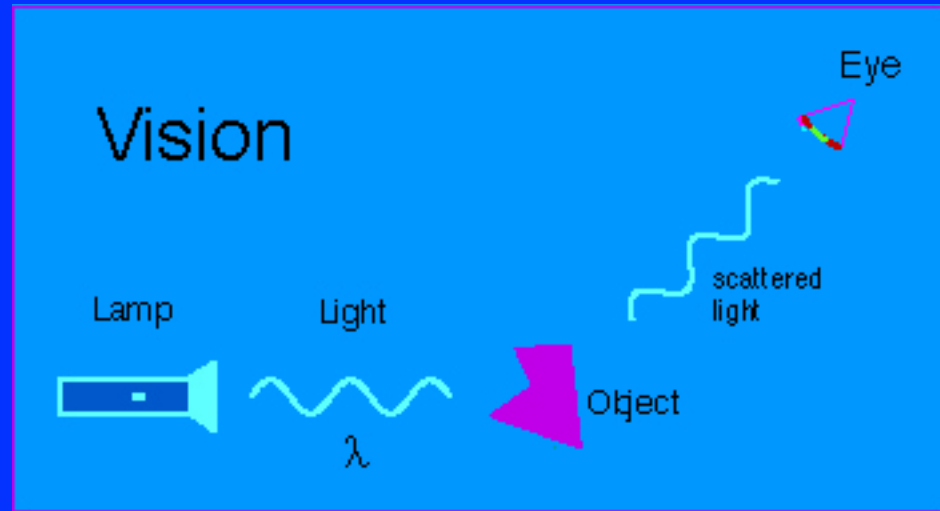
Στατιστική
Bose-Einstein

Spin ακέραιο
(0, 1, 2,...)

Πώς βλέπουμε τα αντικείμενα

Βλέπουμε τα αντικείμενα
σκεδάζοντας ορατό φως
επάνω τους

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



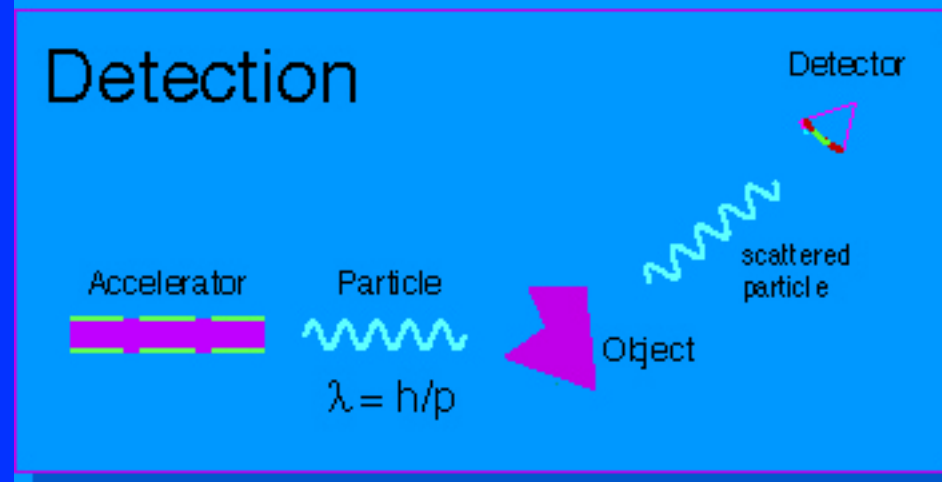
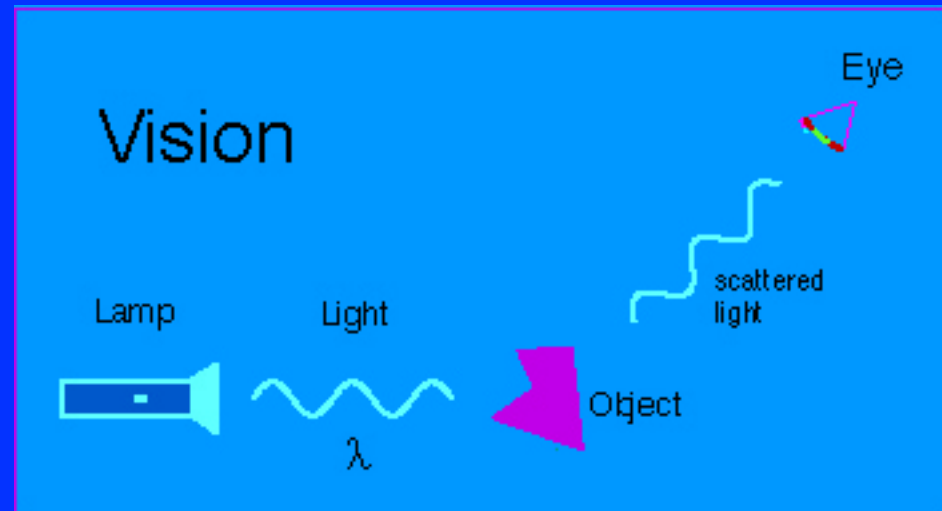
Πώς βλέπουμε τα αντικείμενα

Βλέπουμε τα αντικείμενα σκεδάζοντας ορατό φως επάνω τους

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

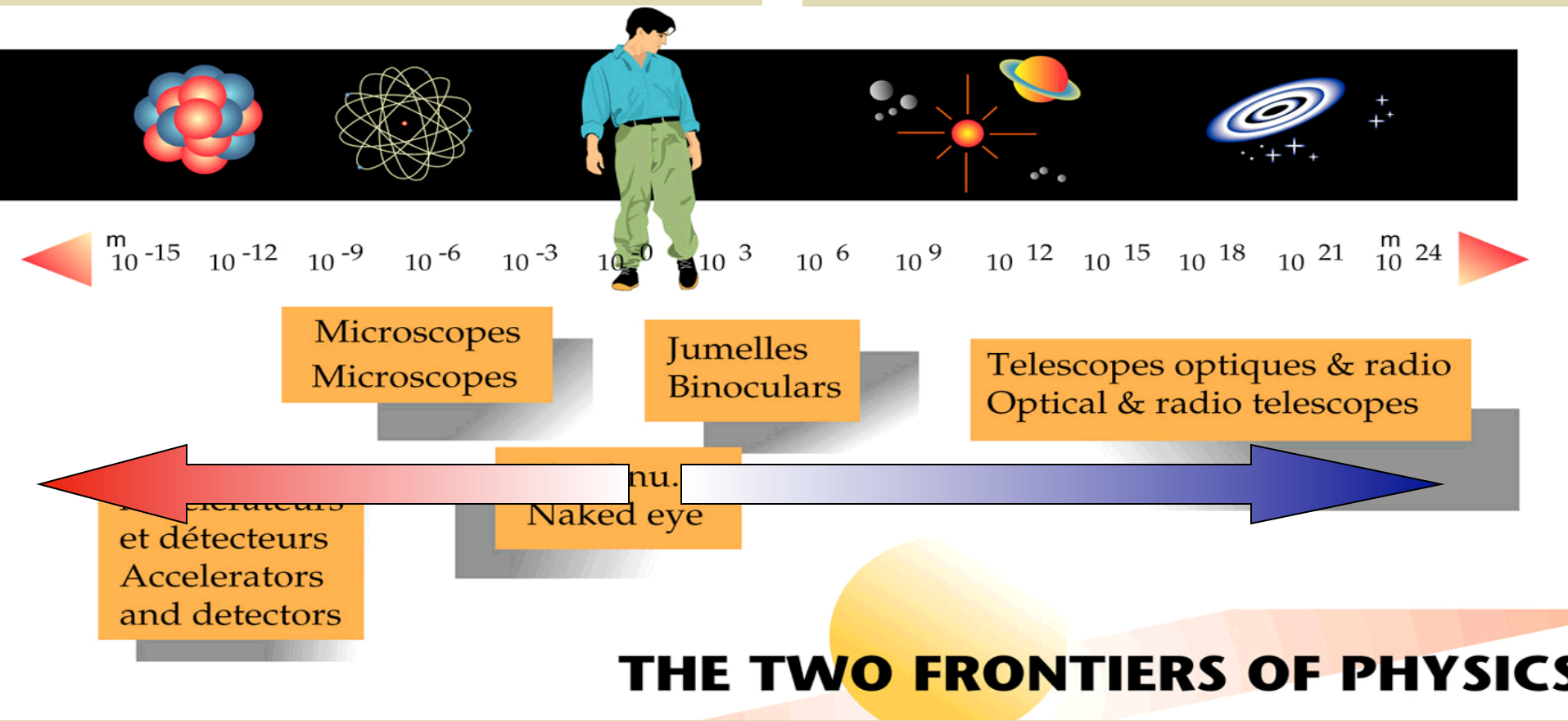
Βλέπουμε μικρότερα αντικείμενα σκεδάζοντας σωματίδια επάνω τους

$$\lambda = h/p$$



Η φυσική των σωματιδίων μελετάει την ύλη στις πιο μικρές διαστάσεις

Η αστροφυσική μελετάει την ύλη στις πιο μεγάλες διαστάσεις

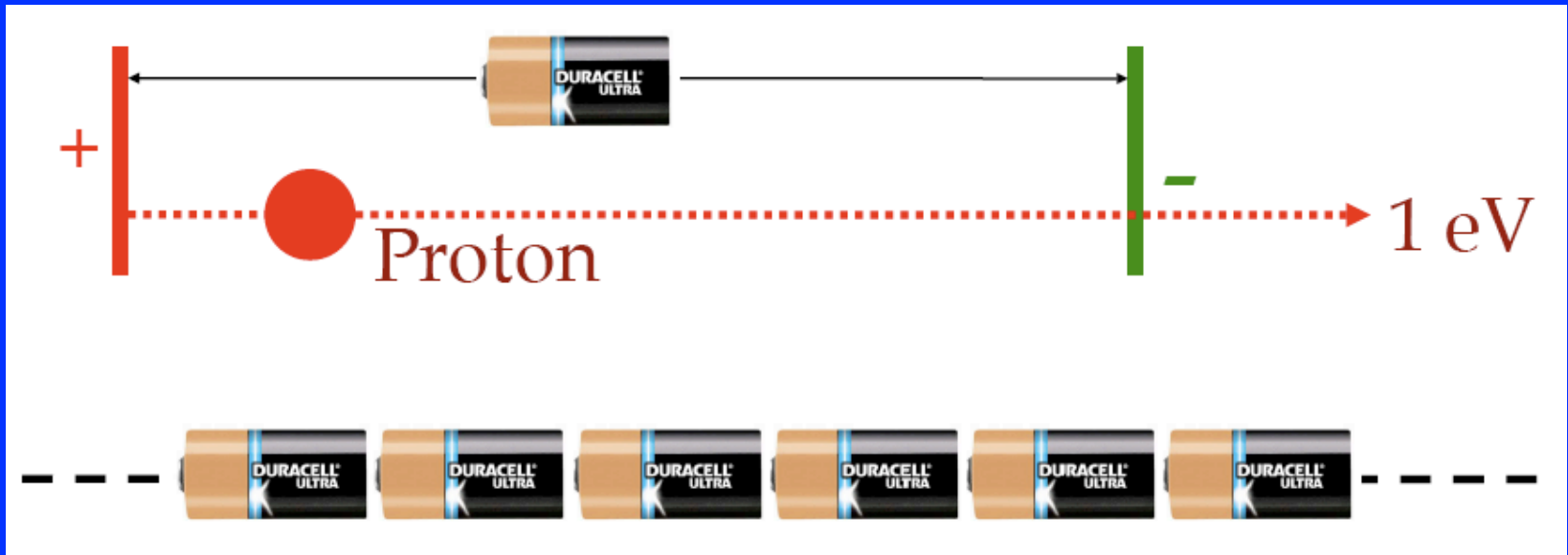


THE TWO FRONTIERS OF PHYSICS

Τα δύο μέτωπα της φυσικής

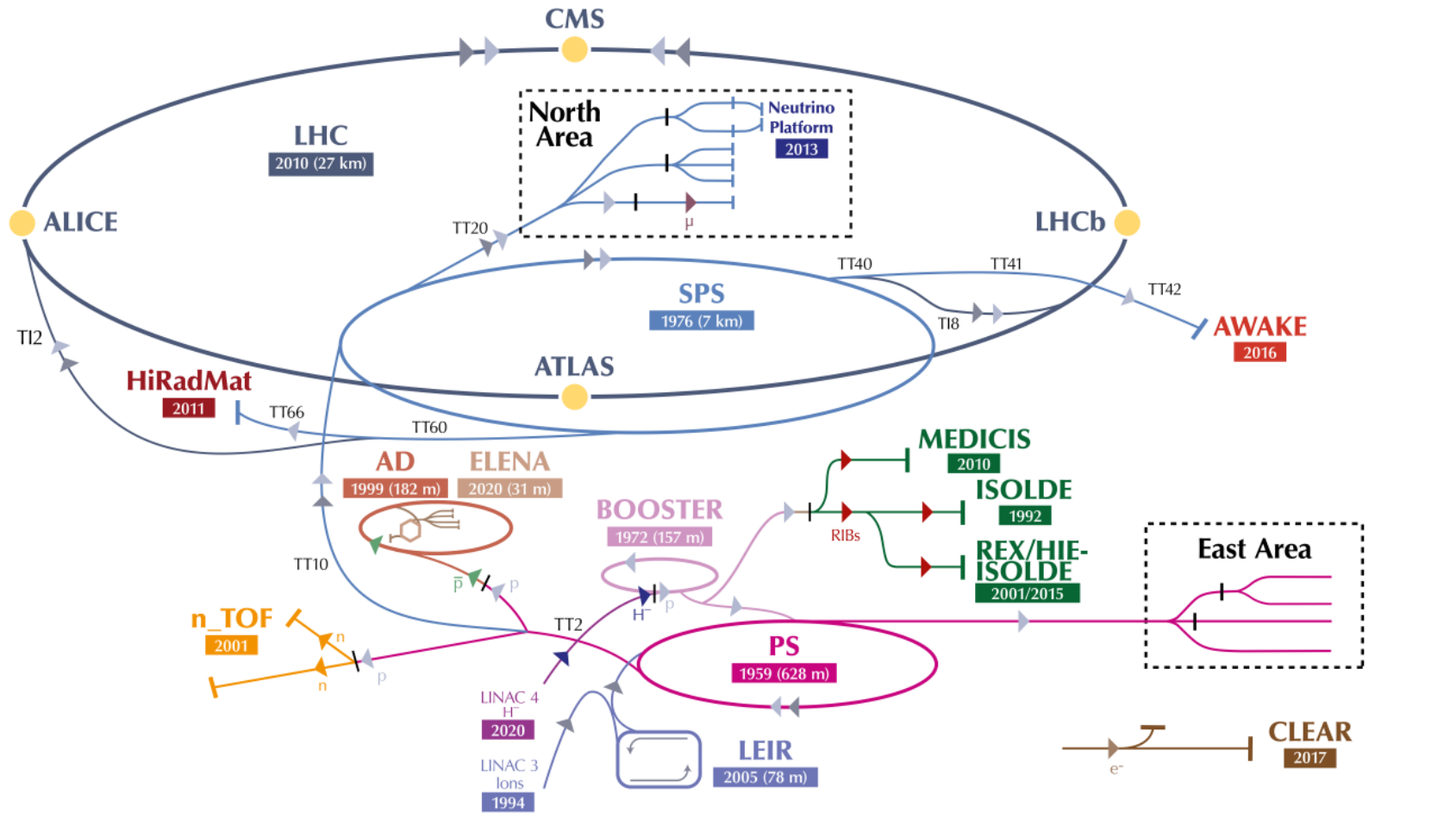
Επιταχυντές

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



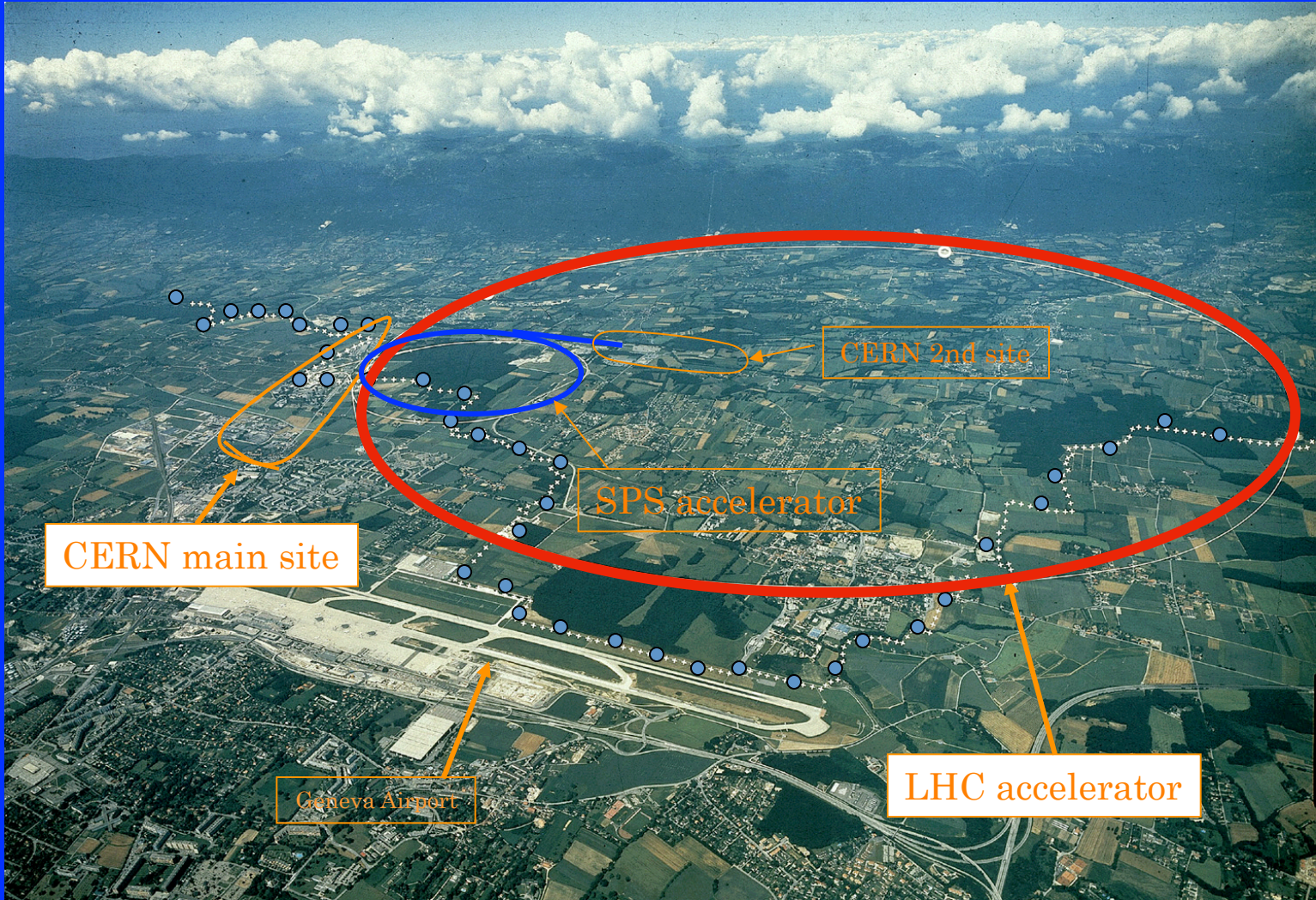
The CERN accelerator complex

Complexe des accélérateurs du CERN



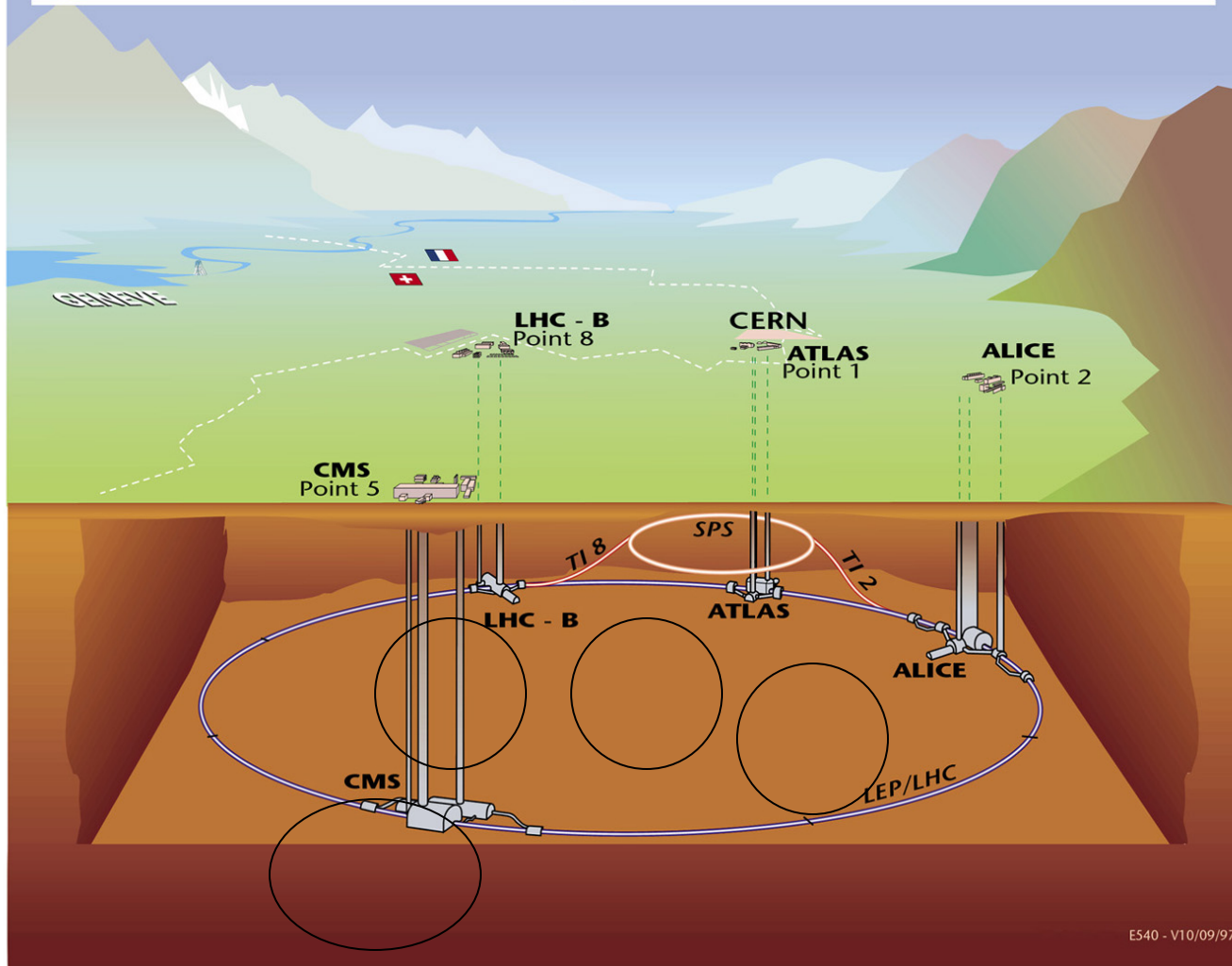
▶ H^- (hydrogen anions) ▶ p (protons) ▶ ions ▶ RIBs (Radioactive Ion Beams) ▶ n (neutrons) ▶ \bar{p} (antiprotons) ▶ e^- (electrons) ▶ μ (muons)

LHC - Large Hadron Collider // SPS - Super Proton Synchrotron // PS - Proton Synchrotron // AD - Antiproton Decelerator // CLEAR - CERN Linear Electron Accelerator for Research // AWAKE - Advanced WAKEfield Experiment // ISOLDE - Isotope Separator OnLine // REX/HIE-ISOLDE - Radioactive Experiment/High Intensity and Energy ISOLDE // MEDICIS // LEIR - Low Energy Ion Ring // LINAC - LINear ACcelerator // n_TOF - Neutrons Time Of Flight // HiRadMat - High-Radiation to Materials // Neutrino Platform



Ο Μεγάλος Επιταχυντής Αδρονίων LHC (Large Hadron Collider)

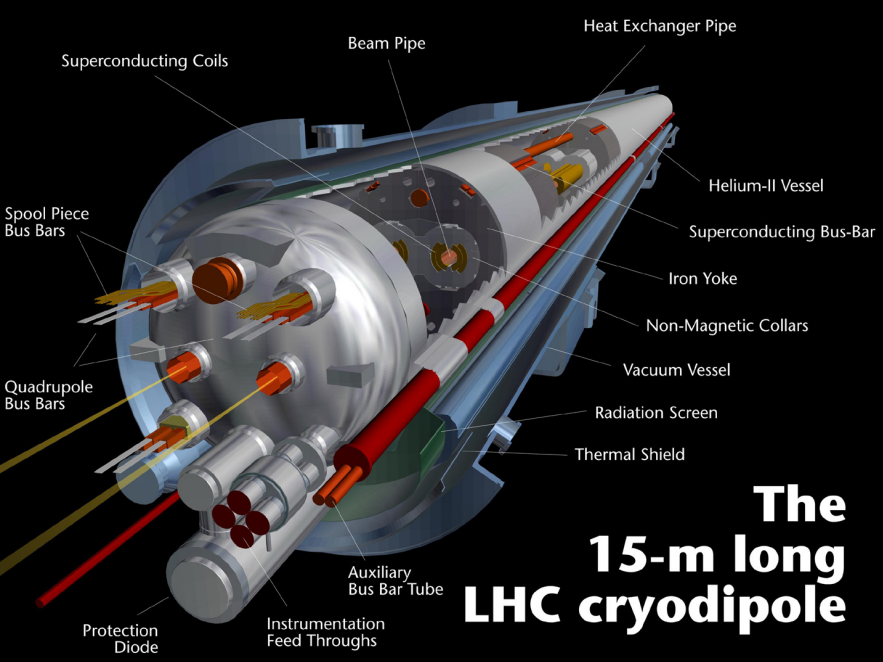
Overall view of the LHC experiments.



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

Στο LHC συγκρούονται δέσμες πρωτονίων με την μεγαλύτερη ενέργεια στον κόσμο (13.6 TeV και θα φτάσουν τα 14 TeV)

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



~400 τετραπολικόι μαγνήτες εστιάζουν τις δέσμες



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

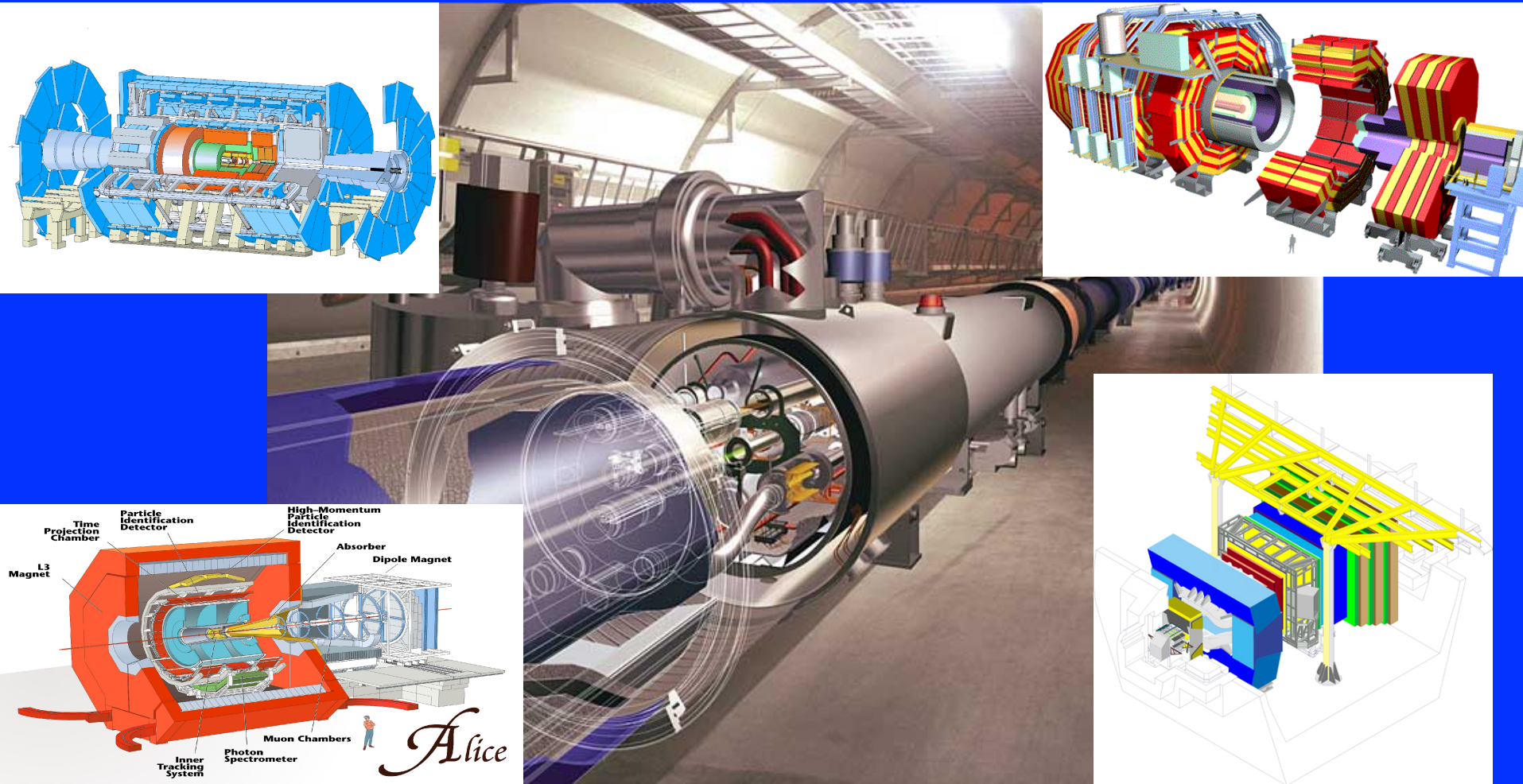
1232 μαγνητικά δίπολα στρέφουν τις δέσμες



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



4 μεγάλα πειράματα είναι εγκατεστημένα στον δακτύλιο του LHC



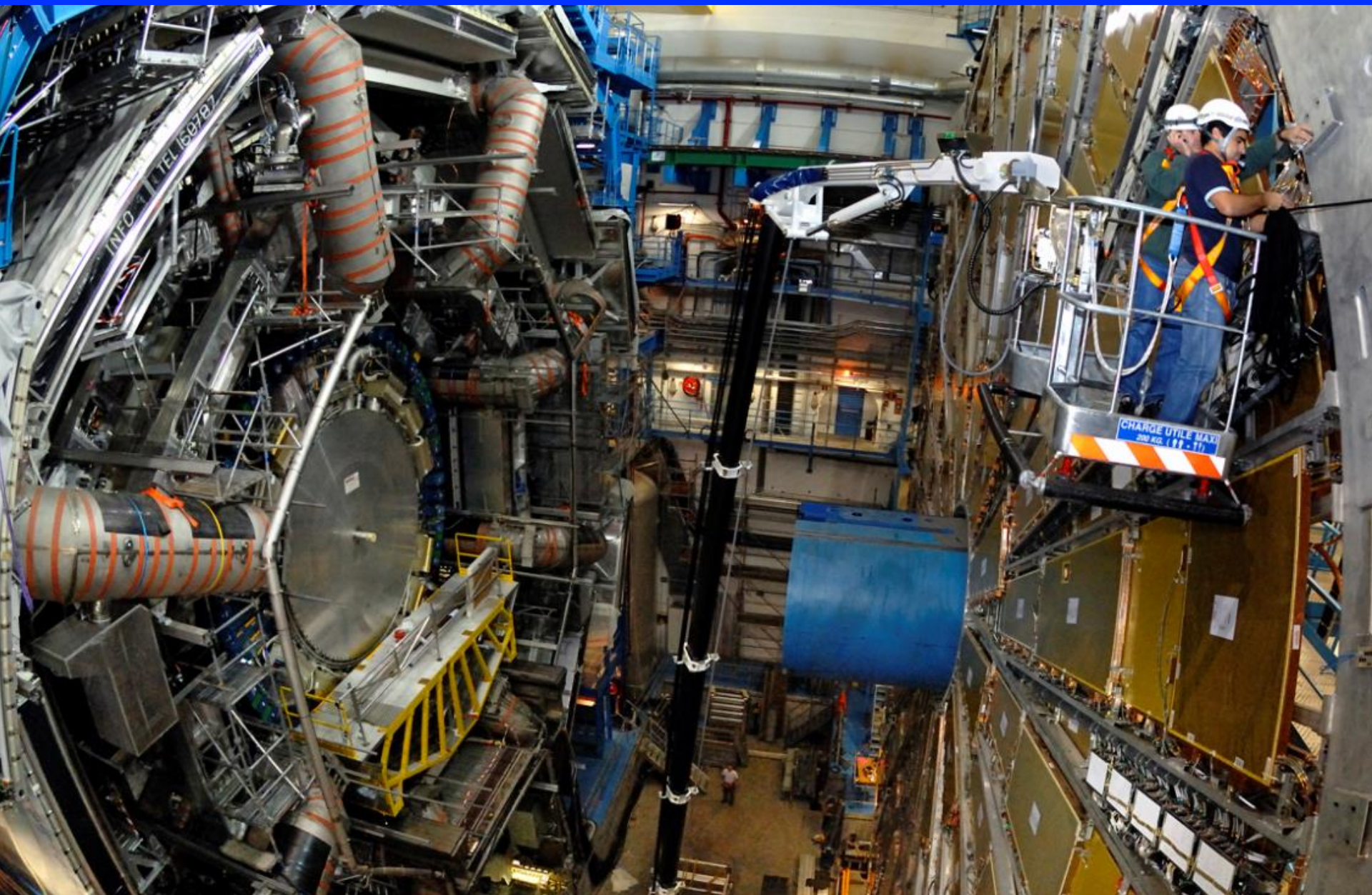
Πρώτες συγκρούσεις δεσμών πρωτονίων το Νοέμβριο του 2009 (900 GeV)

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

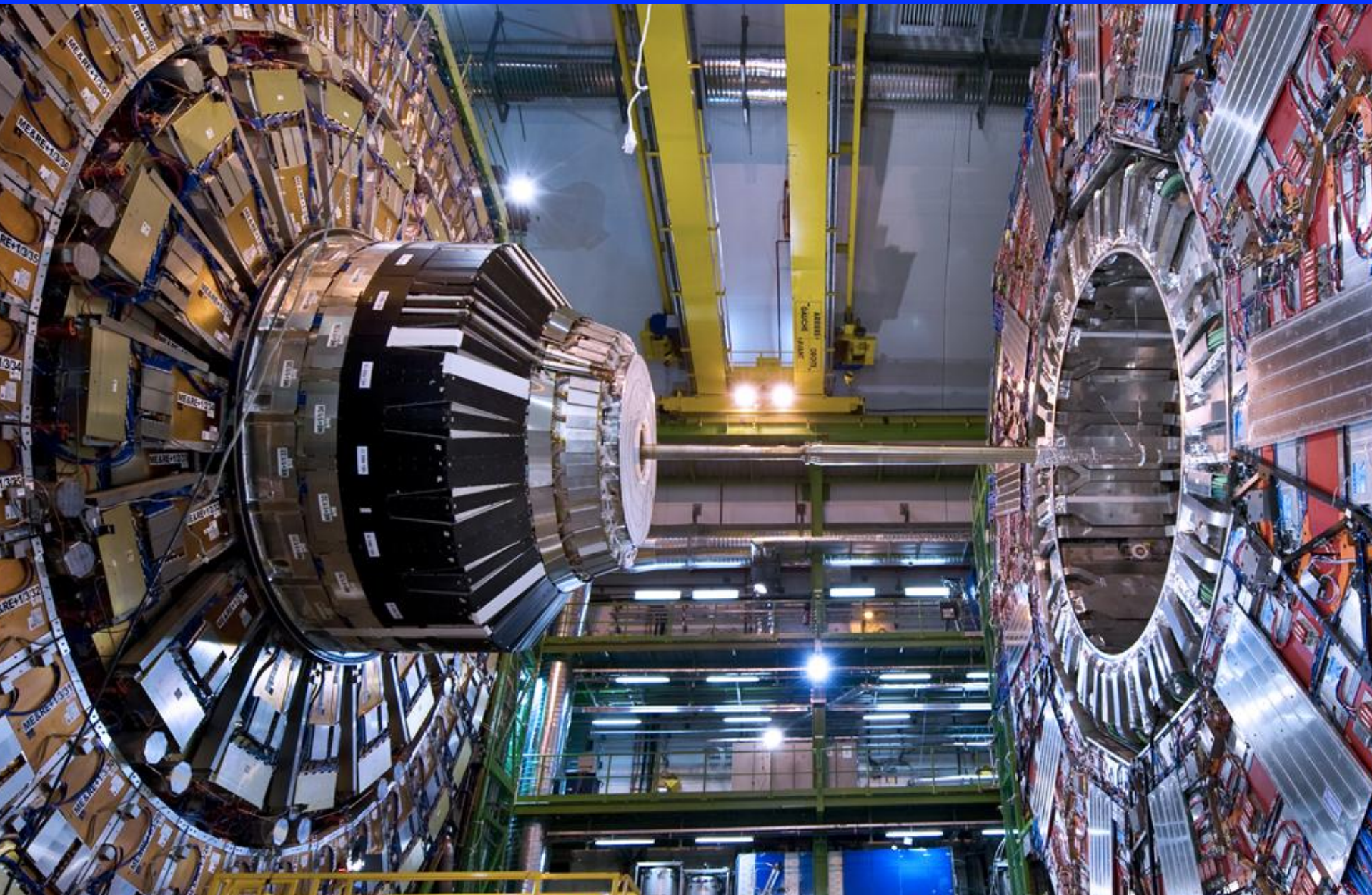
Πρώτες συγκρούσεις δεσμών πρωτονίων στην ενέργεια των 13 TeV τον Ιούνιο του 2015

Πρώτες συγκρούσεις δεσμών πρωτονίων στην ενέργεια των 13.6 TeV τον Ιούλιο του 2022

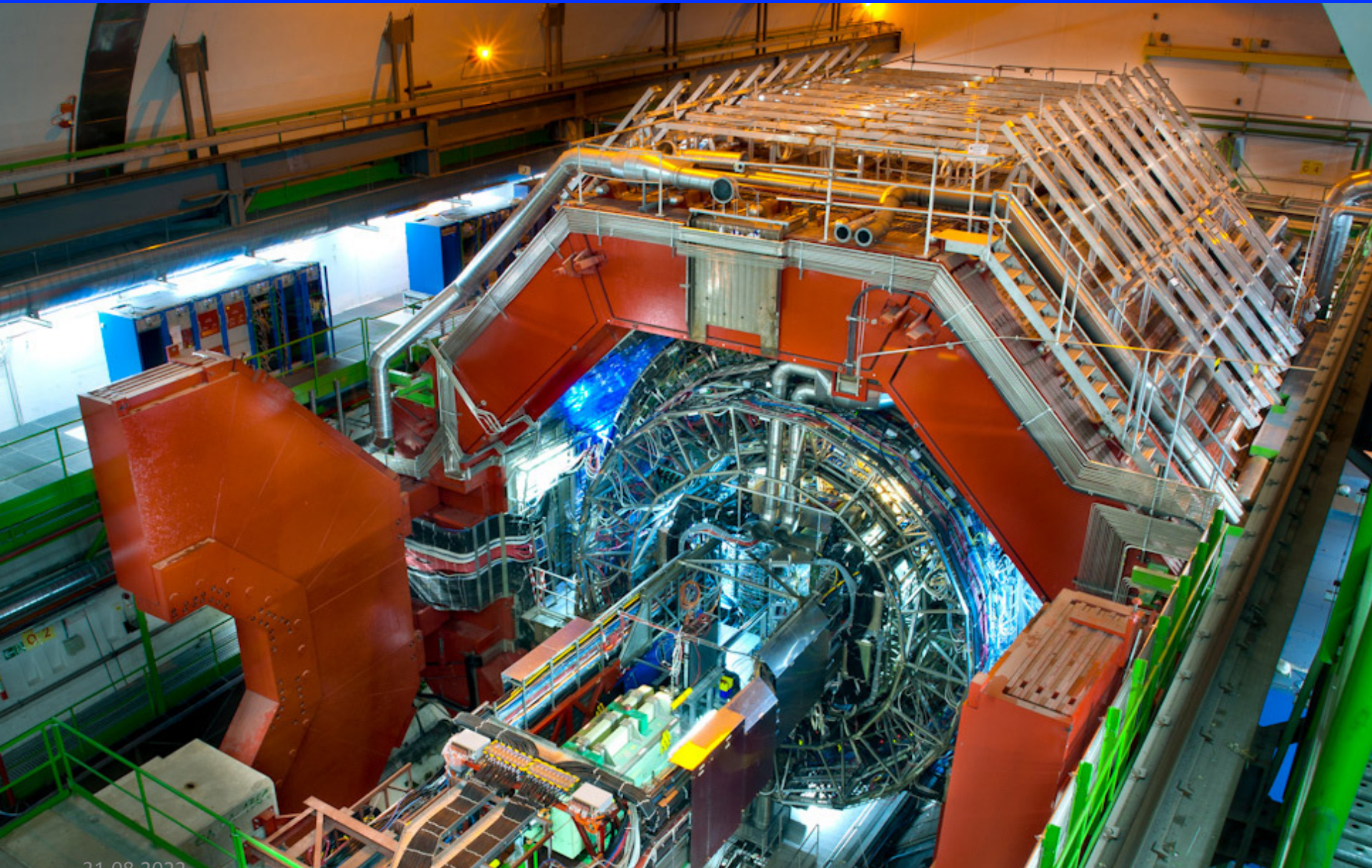
ATLAS : A Toroidal LHC Apparatus



CMS : Compact Muon Solenoid

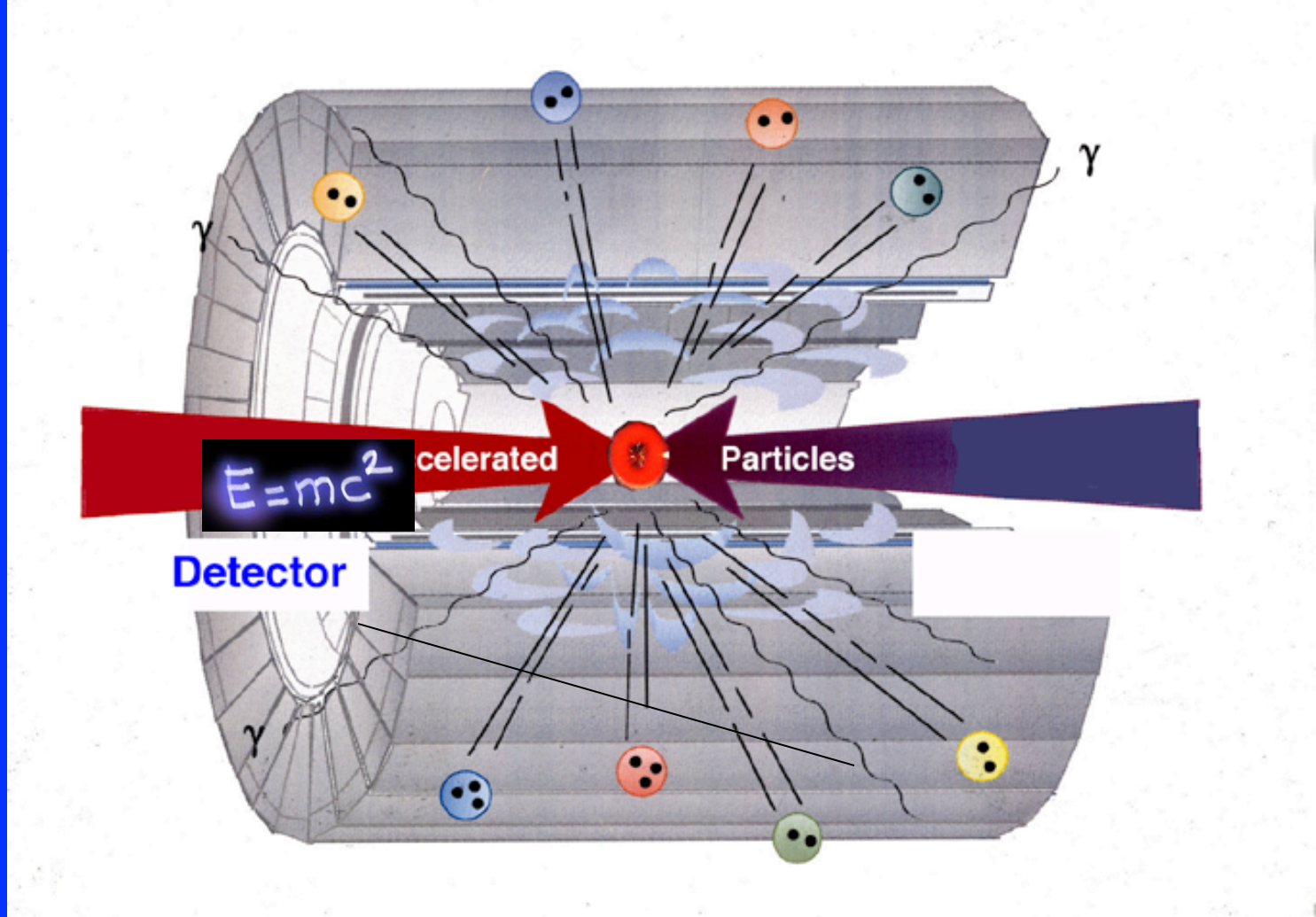


ALICE : A Large Ion Collider Experiment



LHCb : LHC bottom (or beauty) experiment





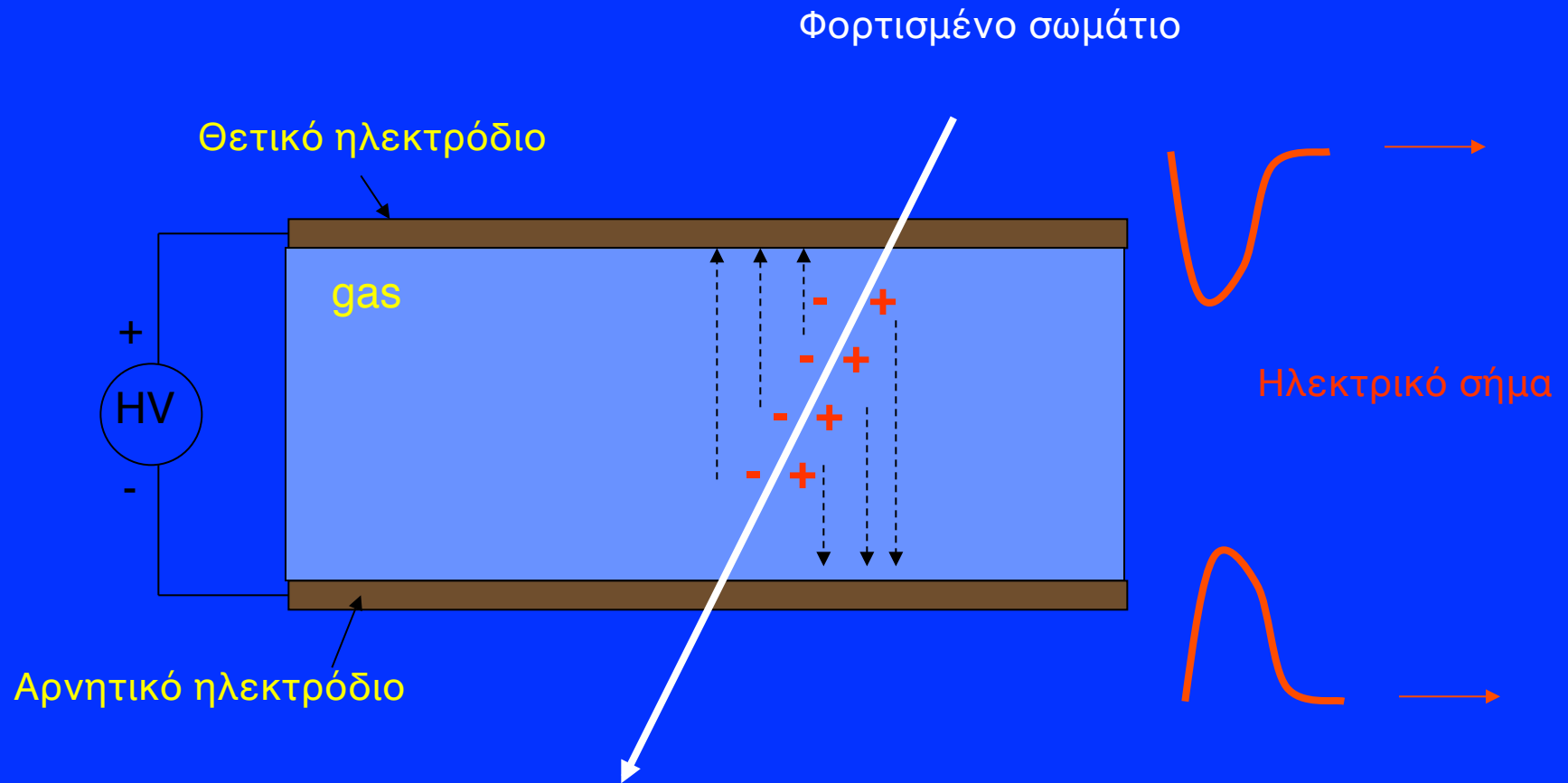
1) Συγκεντρώνουμε ενέργεια πάνω στα πρωτόνια επιταχύνοντάς τα

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

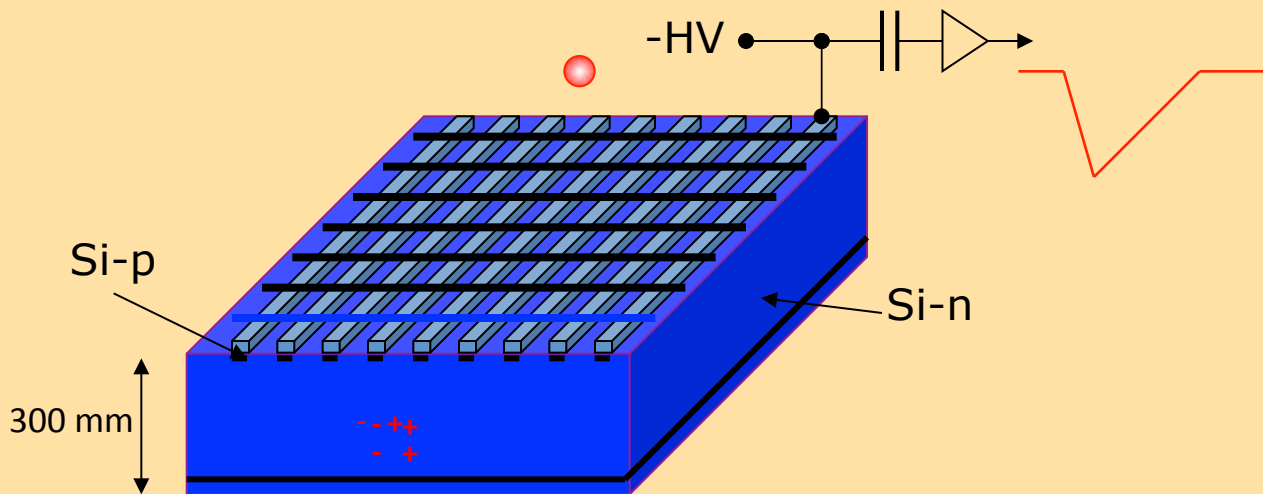
3) Παράγονται καινούργια σωμάτια λόγω μετατροπής ενέργειας σε μάζα

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

Ανιχνευτές αερίου: αρχή λειτουργίας ΙΟΝΙΣΜΟΣ



Ανιχνευτές πυριτίου



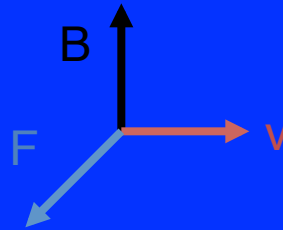
2D πληροφορία θέσης για την ανακατασκευή των ιχνών και την εύρεση του σημείου προέλευσης φορτισμένων σωματιδίων

Μέτρηση ορμής φορτισμένου σωματιδίου

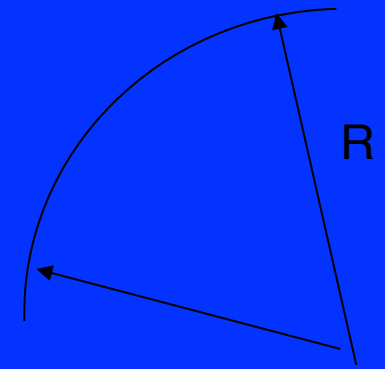
Από την καμπύλωση της τροχιάς μέσα σε μαγνητικό πεδίο
Δύναμη Lorentz

$$|F| = q v B$$

$$R = p/qB \quad p = RqB$$

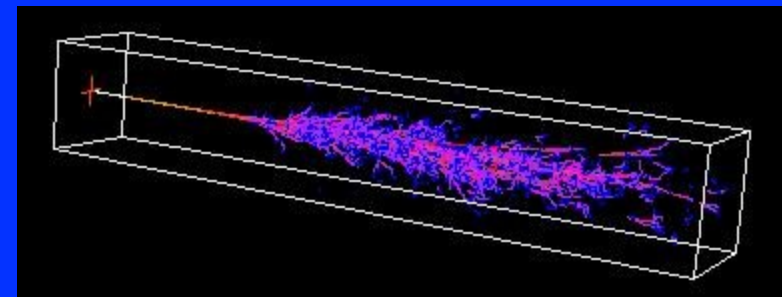


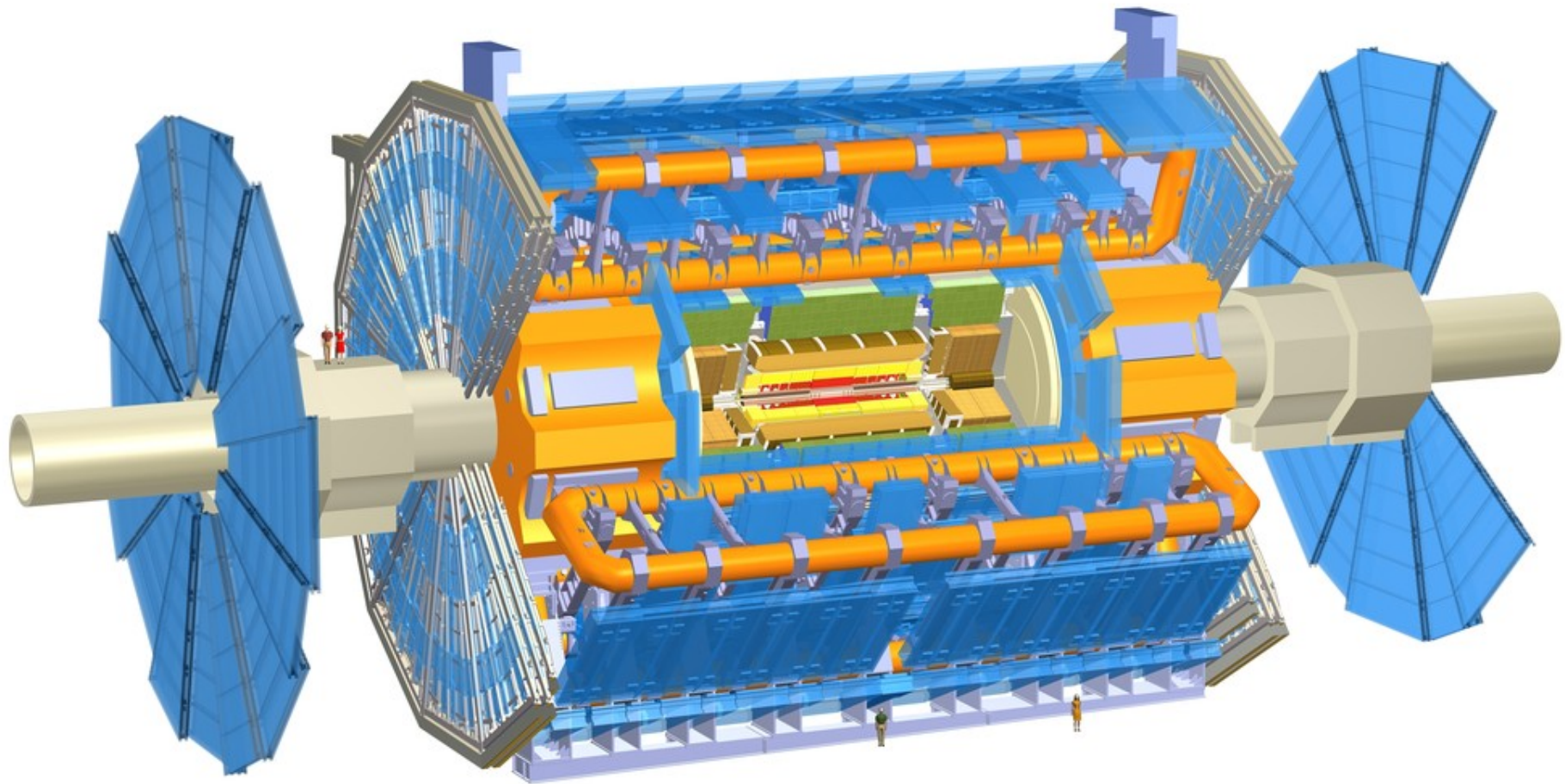
Η καμπύλωση είναι αντιστρόφως ανάλογη της ορμής
Η ακτίνα καμπυλότητας είναι ανάλογη της ορμής



Μέτρηση ενέργειας

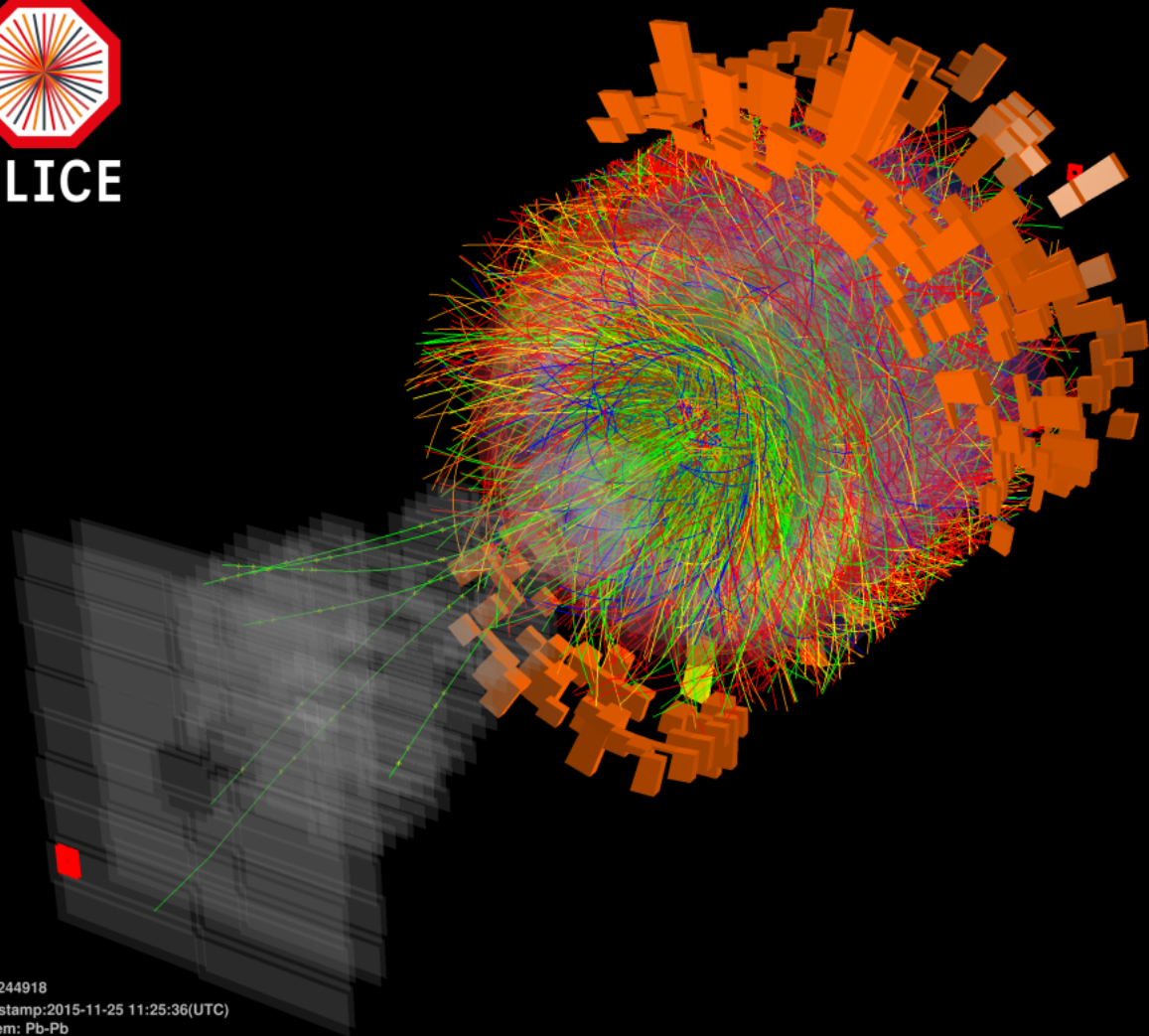
Τα σωματρία σταματούν
Η ενέργειά τους αποτίθεται στα
καλορίμετρα



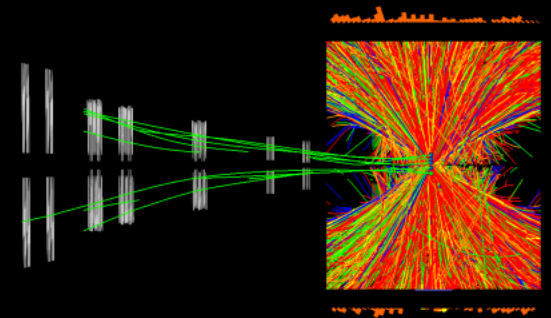
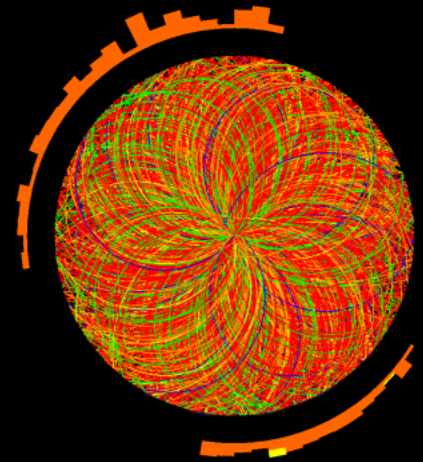




ALICE



Run:244918
Timestamp:2015-11-25 11:25:36(UTC)
System: Pb-Pb
Energy: 5.02 TeV

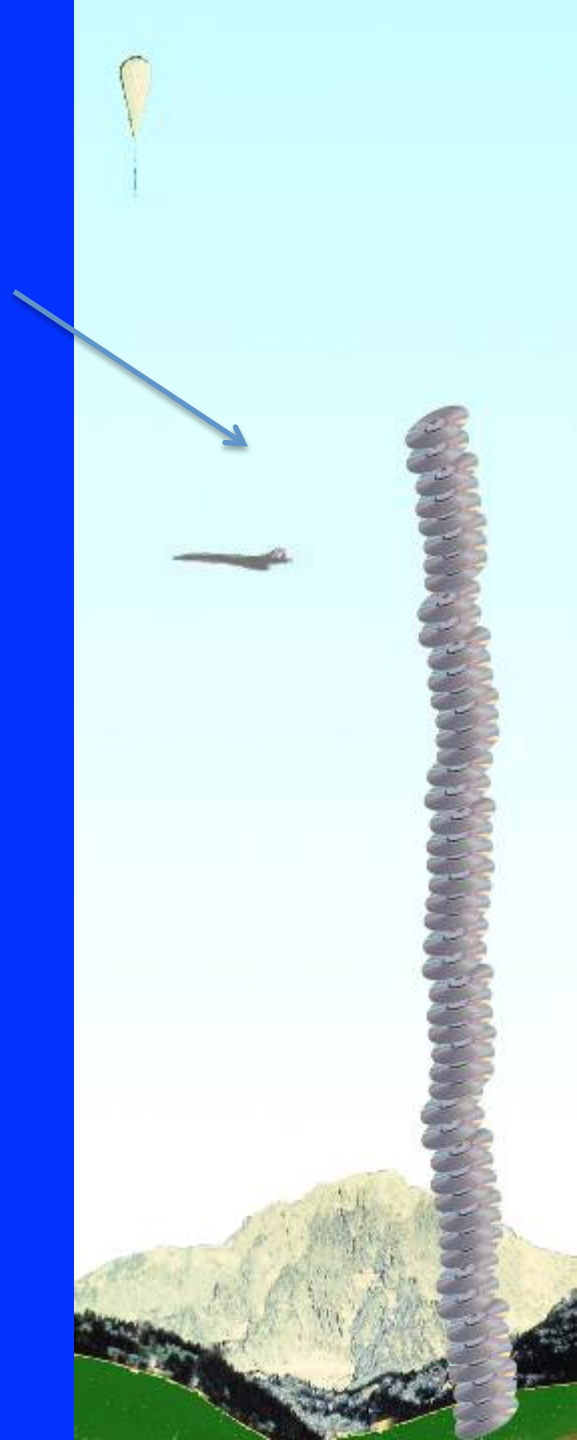


Για κάθε σύγκρουση οι ανιχνευτές παράγουν ηλεκτρικά σήματα που μετατρέπονται σε ψηφιακές πληροφορίες. Αυτές διαβάζονται και καταγράφονται από υπολογιστές

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;

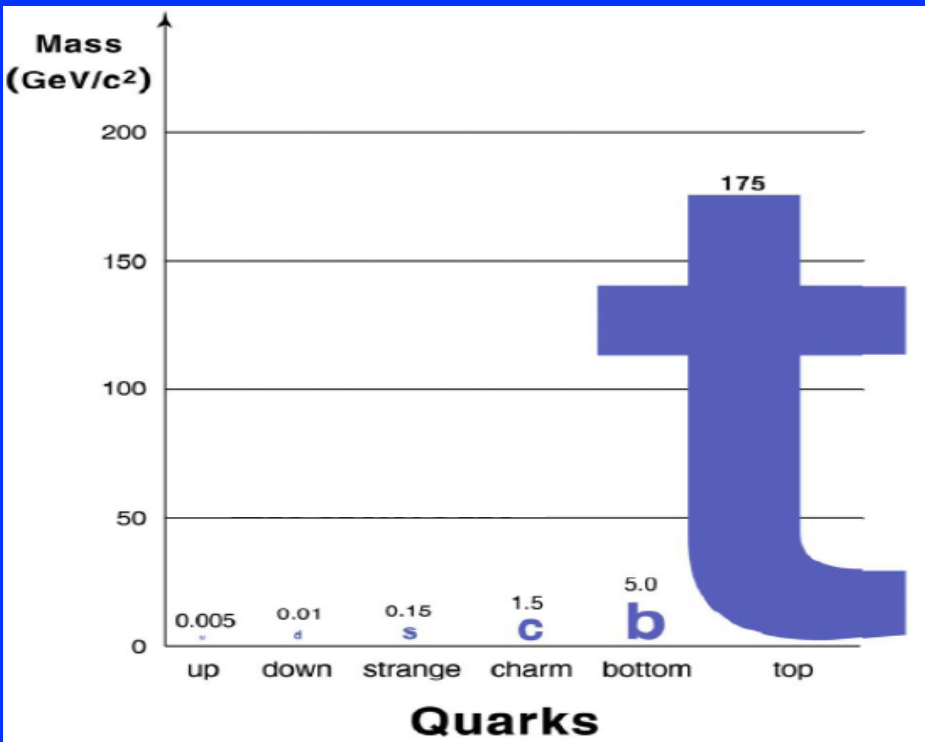


Που πήγε η αντιύλη;



Υπάρχει ασυμμετρία ανάμεσα σε ύλη και αντιύλη ;

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



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

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

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



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



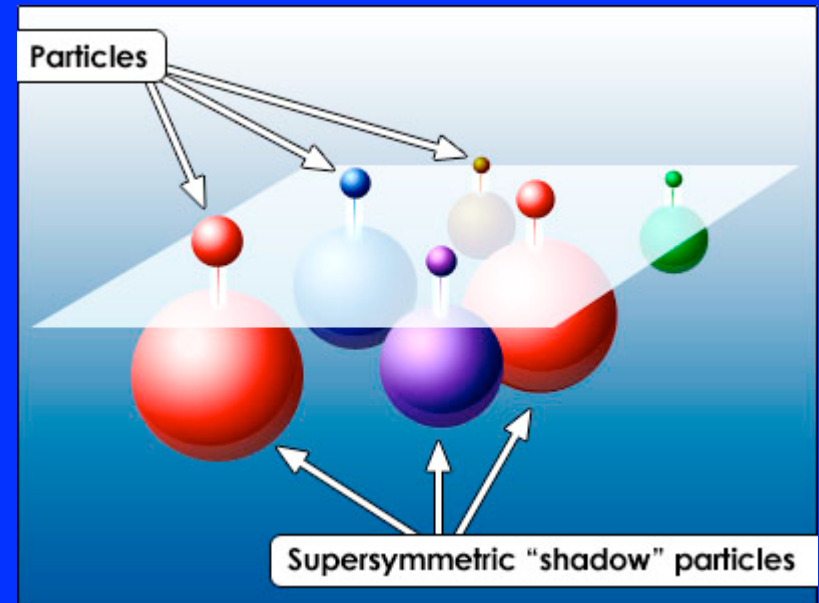
Υπερσυμμετρία – SuperSymmetry (SUSY)

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

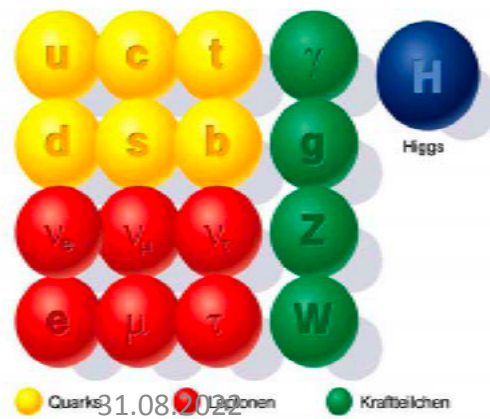
Τι χρειάζεται ;

Για να ενοποιήσει τις δυνάμεις

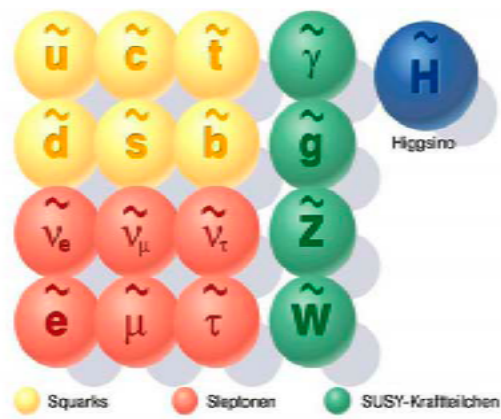
Για να λύσει προβλήματα στο καθιερωμένο πρότυπο (αποκλίσεις στη μάζα του Higgs)



σωμάτια καθιερωμένου προτύπου | Υπερσυμμετρικά σωματάρια



Quarks, Leptonen, Kraftteilchen



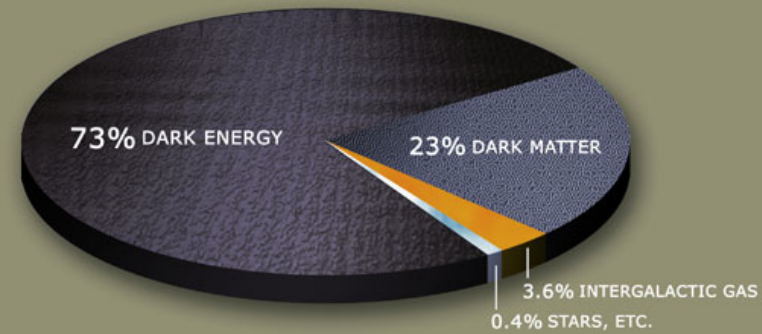
Squarks, Sleptonen, SUSY-Kraftteilchen

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

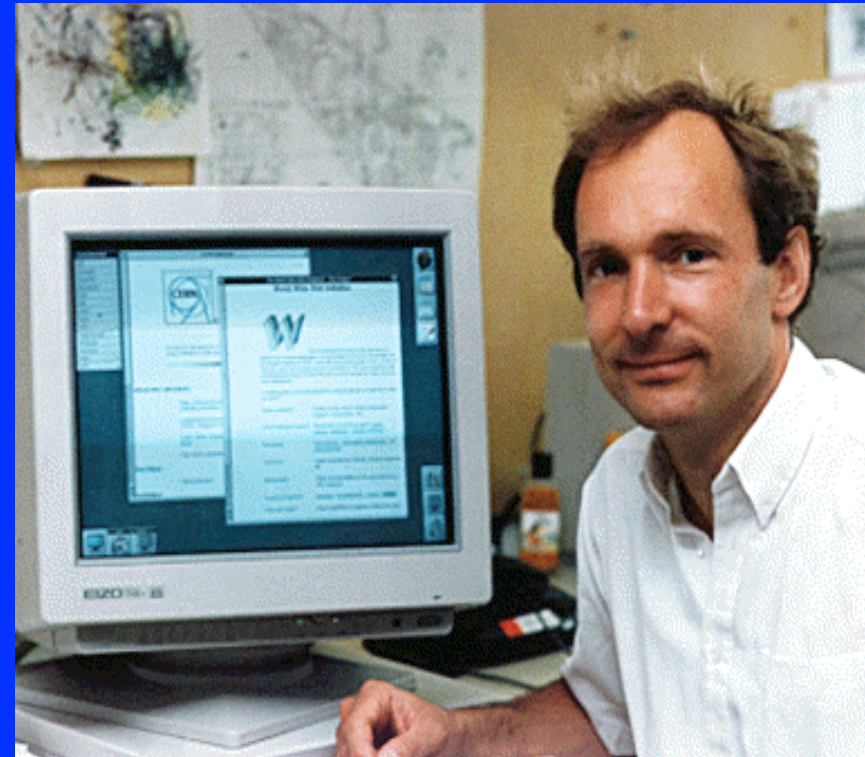
Από τα βαρυτικά της αποτελέσματα - ταχύτητες περιστροφής γαλαξιών – ξέρουμε ότι στο σύμπαν υπάρχει μεγάλη ποσότητα σκοτεινής ύλης - ύλης που δεν εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και άρα δεν την βλέπουμε

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
- Μεγαλύτερη φωτεινότητα δεσμών από το 2022 : αυξημένη δυνατότητα ανακαλύψεων

World Wide Web

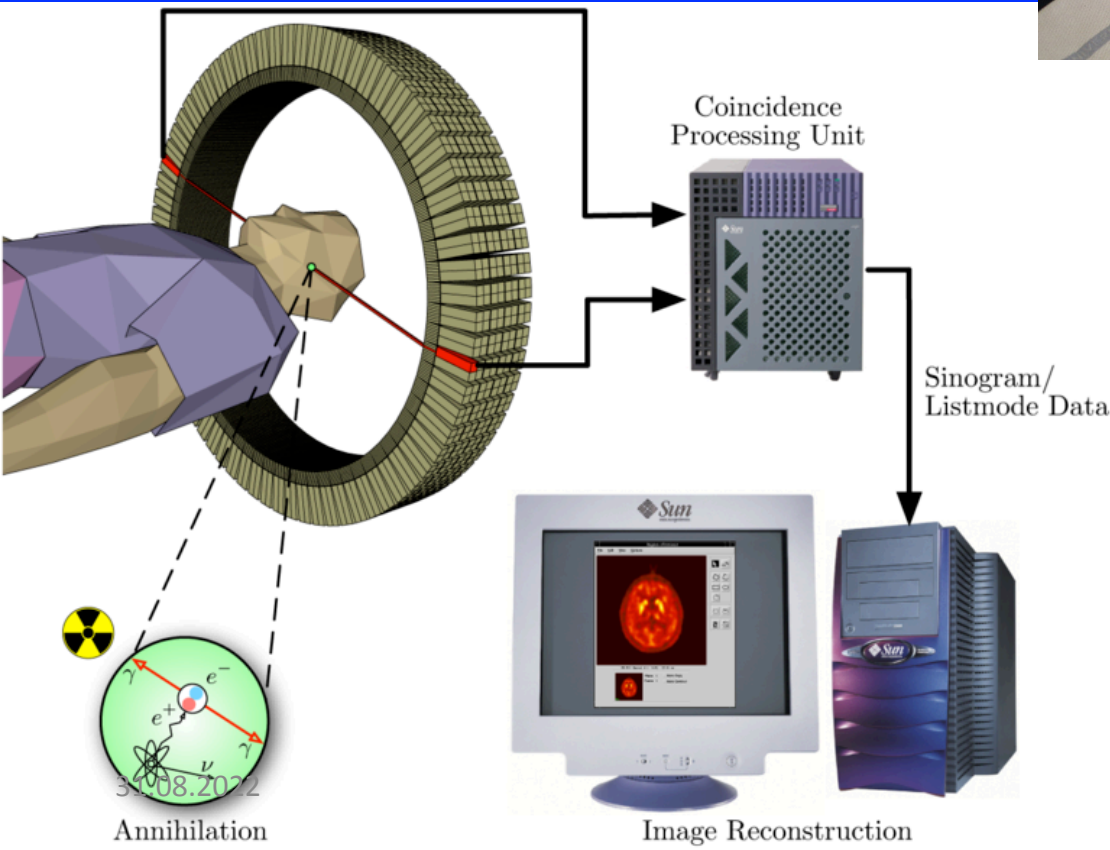
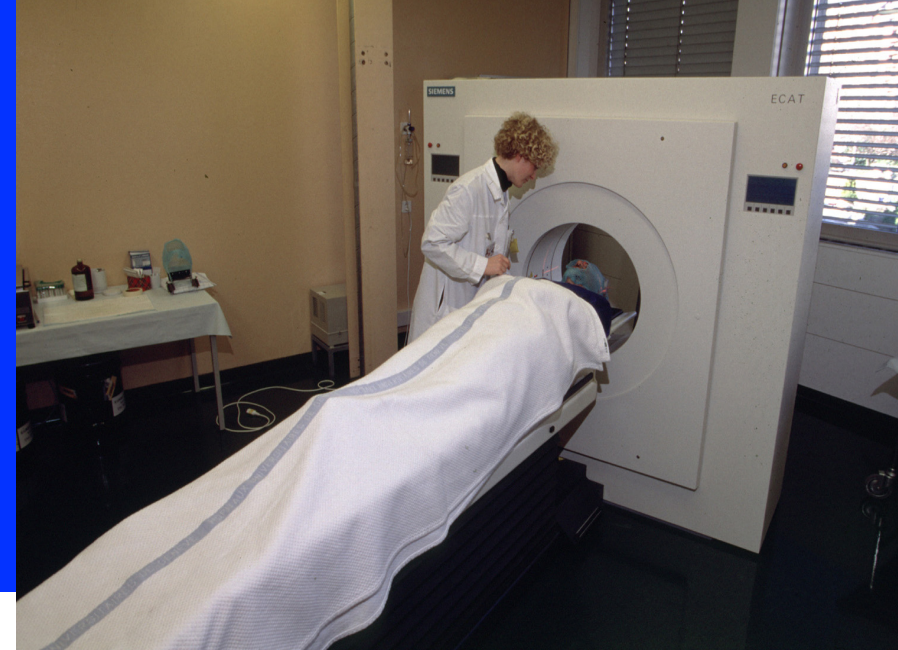
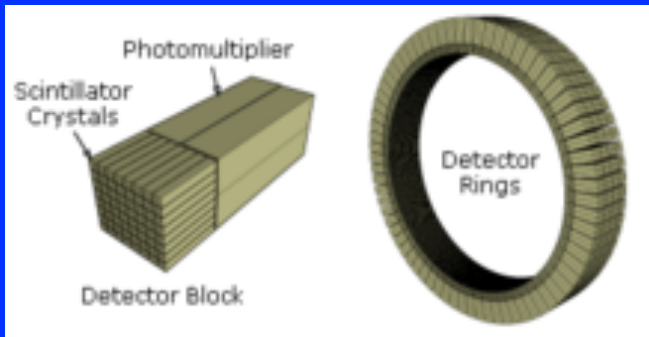
Επινοήθηκε από τον **Tim Berners-Lee**,
Ερευνητή στο **CERN**, το **1989**,
Για να ικανοποιήσει τις ανάγκες των φυσικών
σε Ινστιτούτα σε όλο τον κόσμο να
μοιράζονται αυτόματα τις πληροφορίες



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



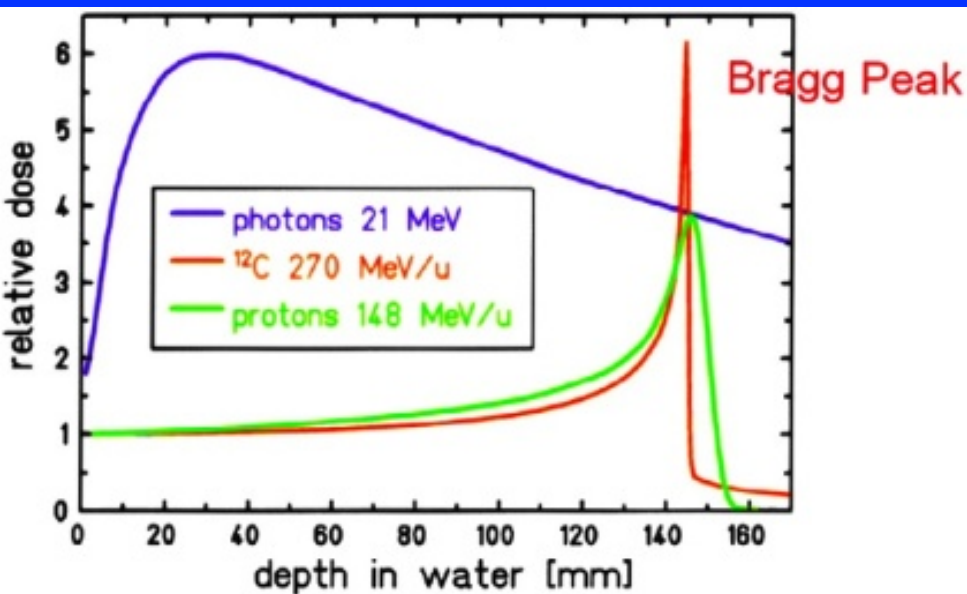
Positron Emission Tomography (PET)



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



First touch screen used at CERN for the SPS controls

ANOTHER OF CERN'S MANY INVENTIONS!

CERN has often been the incubator for the development of innovative technologies but very few people know about the capacitive touch screens invented for the consoles of the SPS Control Room in 1973. The Bulletin interviewed their inventor, Bent Stumpe, who also developed the CERN tracker ball and the computer-programmable knob.



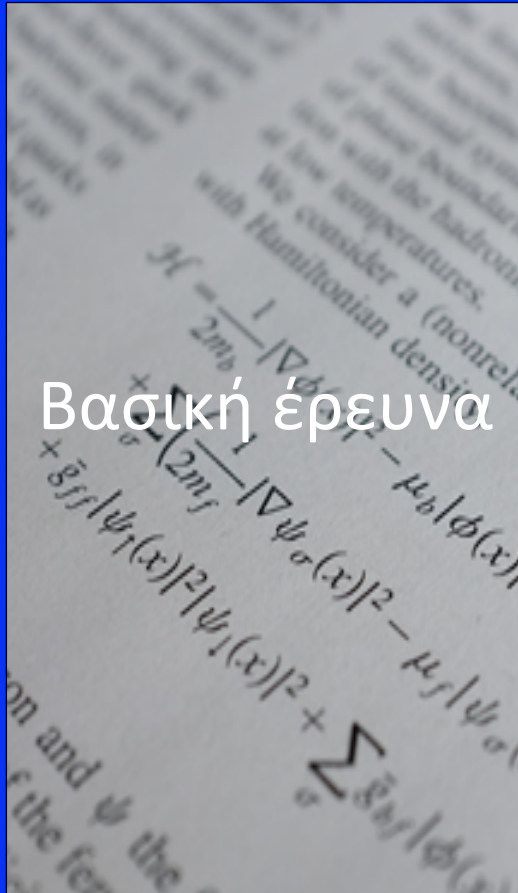
Bent Stumpe, inventor of the CERN touch screens, tracker ball and programmable knob. Here we see him with one the first

31.08.2022 touch screens developed in 1973.

A specific goal, a lot of motivation and the technical skills to do it: that's all you need to create something nobody else has ever done before. Back in the 1970s, the SPS was being built and its control room required the installation of thousands of buttons, knobs, switches and oscilloscopes to operate the machine. Frank Beck, newly recruited from the DD Division to be in charge of the central control hub in the SPS control room, asked Bent Stumpe for solutions to the following problem: how to build the hardware for an 'intelligent' system which, in just three console units, would replace all those conventional buttons, switches, etc.

In just a few days, the Danish engineer, also from the DD Division, came up with a (hand-written) proposal to build a touch screen with a fixed number of programmable buttons, a tracker ball to be used as computer-controlled pointing device and a programmable knob. Following this proposal, Bent Stumpe was recruited by the SPS Controls Group to develop

Αντί συμπεράσματος...



Ευκαιρίες στο CERN

HSSIP High School Students Internship Programmes (24 μαθητές λυκείου για 2 εβδομάδες)

Summer students (φοιτητές από 3^ο έτος και πάνω, για 2-3 μήνες, μαθήματα + project)

Short-term internships

Technical students, administrative students (6-12 μήνες, δουλειά σε project)

Doctoral Students (διδακτορικό σε συνεργασία με πανεπιστήμιο)

Fellows (2-3 χρόνια)

Staff positions

Teachers programmes (national / international)

Visits

Virtual visits

Για περισσότερα...

- home.cern
- visit.cern
- careers.cern

Έλληνες στο CERN

415 άτομα στη βάση δεδομένων

Staff	62
Fellows	50
Technical students	18
Administrative students	2
Doctoral students	12
Cooperation Associate	4
Project Associate	8
Scientific Associate	3
Summer Students	6
Trainees	12
MPEs (staff, fellows)	112
MPAs	286
Users	207
Visiting scientists	14

Σας ευχαριστώ για την προσοχή σας

despina.hatzifotiadou@cern.ch