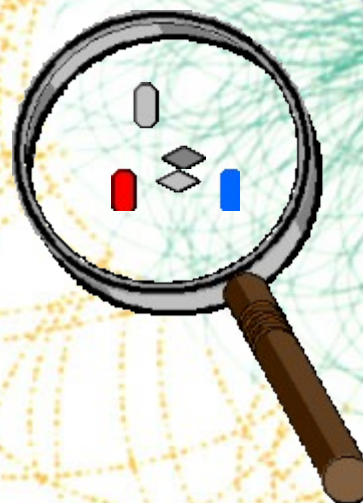


... από τι είμαστε φτιαγμένοι

σύγχρονες θεωρίες, πειράματα και εφαρμογές της
Φυσικής Στοιχειωδών Σωματιδίων

Νίκος Τράκας
Ομότιμος Καθηγητής
Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και
Φυσικών Επιστημών
ΕΜΠ

ο πίνακας των στοιχειωδών σωματιδίων



ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	¹ H																	² He
2	³ Li	⁴ Be											⁵ B	⁶ C	⁷ N	⁸ O	⁹ F	¹⁰ Ne
3	¹¹ Na	¹² Mg											¹³ Al	¹⁴ Si	¹⁵ P	¹⁶ S	¹⁷ Cl	¹⁸ Ar
4	¹⁹ K	²⁰ Ca	²¹ Sc	²² Ti	²³ V	²⁴ Cr	²⁵ Mn	²⁶ Fe	²⁷ Co	²⁸ Ni	²⁹ Cu	³⁰ Zn	³¹ Ga	³² Ge	³³ As	³⁴ Se	³⁵ Br	³⁶ Kr
5	³⁷ Rb	³⁸ Sr	³⁹ Y	⁴⁰ Zr	⁴¹ Nb	⁴² Mb	⁴³ Tc	⁴⁴ Ru	⁴⁵ Rh	⁴⁶ Pd	⁴⁷ Ag	⁴⁸ Cd	⁴⁹ In	⁵⁰ Sn	⁵¹ Sb	⁵² Te	⁵³ I	⁵⁴ Xe
6	⁵⁵ Cs	⁵⁶ Ba	⁵⁷⁻⁷¹ * λανθανίδες	⁷² Hf	⁷³ Ta	⁷⁴ W	⁷⁵ Re	⁷⁶ Os	⁷⁷ Ir	⁷⁸ Pt	⁷⁹ Au	⁸⁰ Hg	⁸¹ Th	⁸² Pb	⁸³ Bi	⁸⁴ Po	⁸⁵ At	⁸⁶ Rn
7	⁸⁷ Fr	⁸⁸ Ra	⁸⁹⁻¹⁰³ ** ακτινίδες	¹⁰⁴ Rf	¹⁰⁵ Db	¹⁰⁶ Sg	¹⁰⁷ Bh	¹⁰⁸ Hs	¹⁰⁹ Mt	¹¹⁰ Ds	¹¹¹ Rg	¹¹² Uub						
λανθανίδες			⁵⁷ ★ La	⁵⁸ Ce	⁵⁹ Pr	⁶⁰ Nd	⁶¹ Pm	⁶² Sm	⁶³ Eu	⁶⁴ Gd	⁶⁵ Tb	⁶⁶ Dy	⁶⁷ Ho	⁶⁸ Er	⁶⁹ Tm	⁷⁰ Yb	⁷¹ Lu	
ακτινίδες			⁸⁹ *** Ac	⁹⁰ Th	⁹¹ Pa	⁹² U	⁹³ Np	⁹⁴ Pu	⁹⁵ Am	⁹⁶ Cm	⁹⁷ Bk	⁹⁸ Cf	⁹⁹ Es	¹⁰⁰ Fm	¹⁰¹ Md	¹⁰² No	¹⁰³ Lr	

μέταλλα
 αμέταλλα
 ευγενή αέρια



ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ
ΓΙΑ ΟΛΟΥΣ

PERIMETER
INSTITUTE

EGO

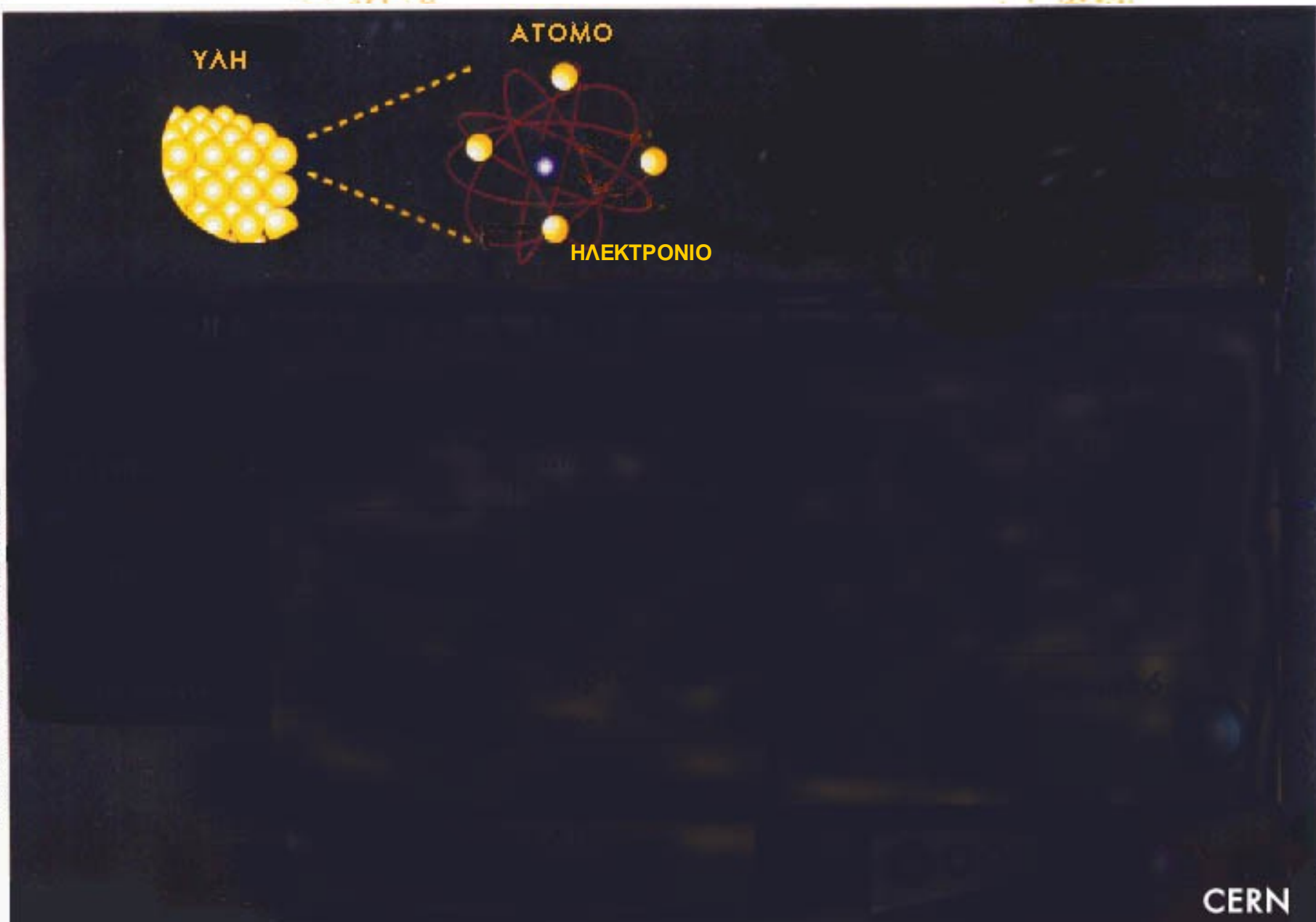
EUROPEAN
GRAVITATIONAL
OBSERVATORY



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών



Ελληνική Ομάδα Εκπαίδευσης
www.physics.ntua.gr/POPPHYS
International Particle Physics Outreach Group



ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΤΑ ΕΛΛΗΝΙΚΑ Ν.Δ. ΤΡΑΚΑΣ



ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ
ΓΙΑ ΟΛΟΥΣ

PERIMETER
INSTITUTE

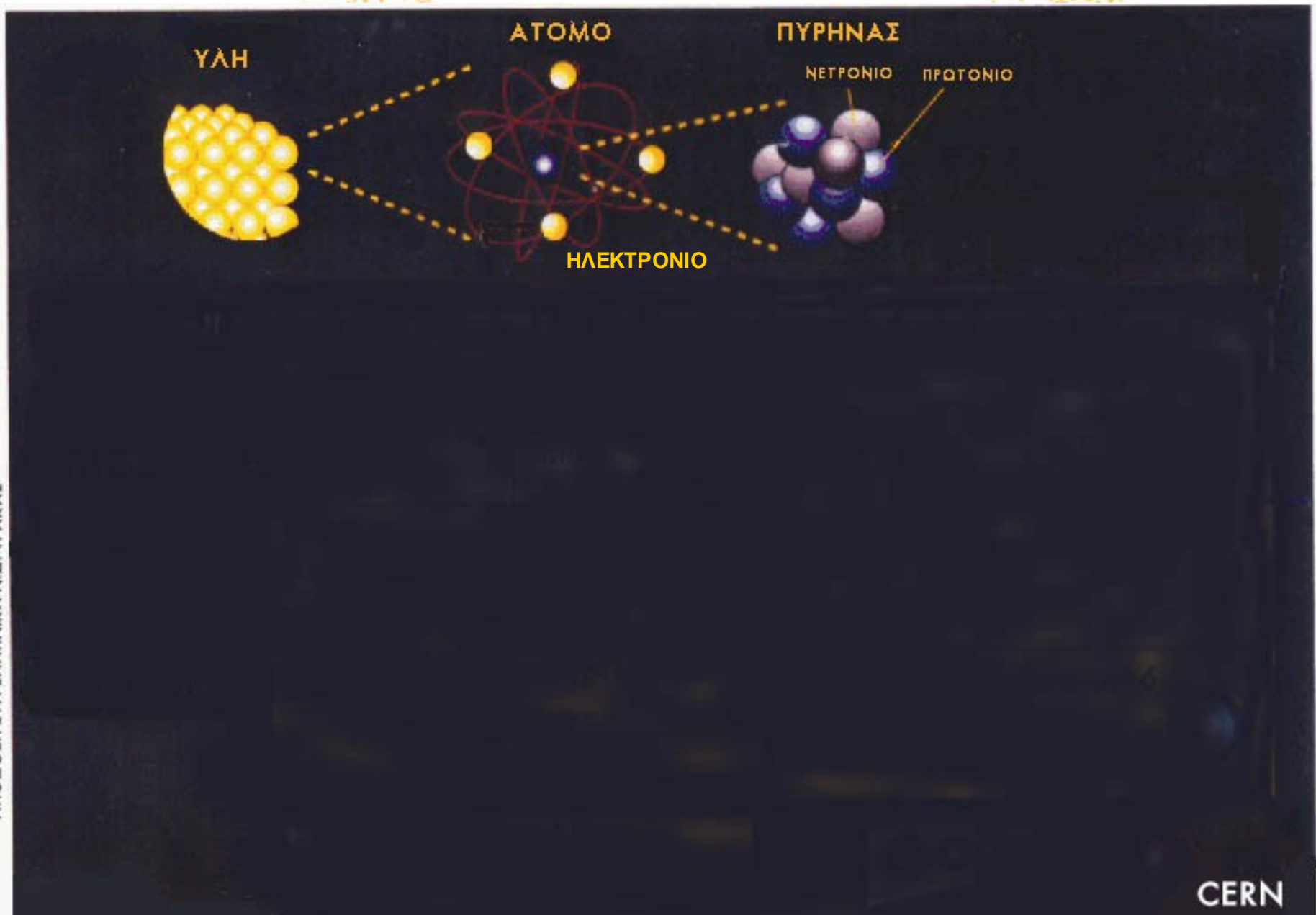
EGO
EUROPEAN
GRAVITATIONAL
OBSERVATORY



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Ἀθηνῶν



Ελληνική Ομάδα Εκπαίδευσης
www.physics.ntua.gr/POPPHYS
International Particle Physics Outreach Group



ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΤΑ ΕΛΛΗΝΙΚΑ Ν.Δ. ΤΡΑΚΑΣ

Νίκος Τράκας
ΣΕΜΦΕ/ΕΜΠ

Παρασκευή 17 Δεκεμβρίου 2021



ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ
ΓΙΑ ΟΛΟΥΣ

PERIMETER
INSTITUTE

EGO
EUROPEAN
GRAVITATIONAL
OBSERVATORY

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Ἀθηνῶν

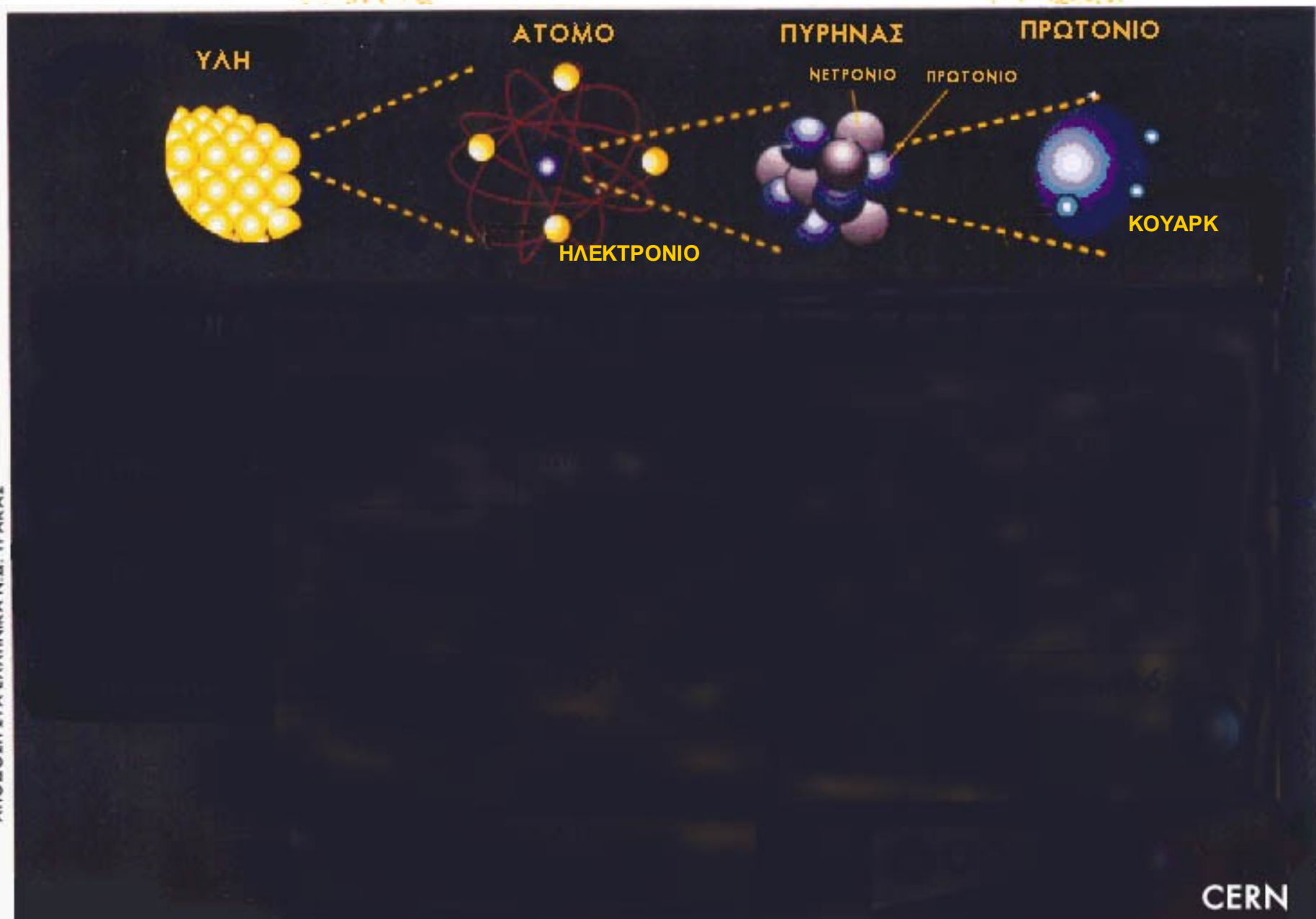


ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Ἀθηνῶν

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Ἀθηνῶν



Ελληνική Ομάδα Εκπαίδευσης
www.physics.ntua.gr/POPPHYS
International Particle Physics Outreach Group



ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΤΑ ΕΛΛΗΝΙΚΑ Ν.Δ. ΤΡΑΚΑΣ

Νίκος Τράκας
ΣΕΜΦΕ/ΕΜΠ

Παρασκευή 17 Δεκεμβρίου 2021



ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ
ΓΙΑ ΟΛΟΥΣ

PERIMETER
INSTITUTE

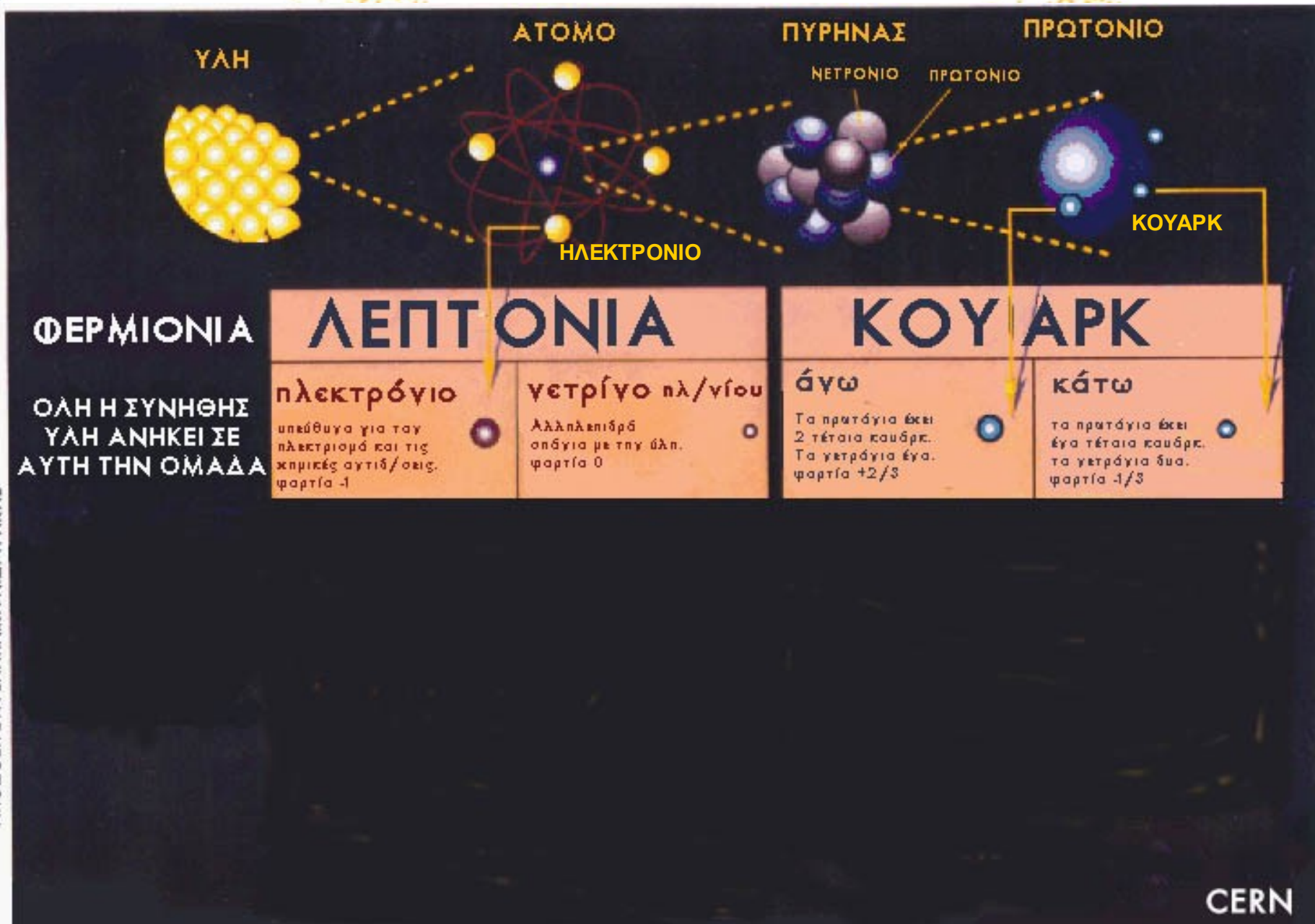
EGO
EUROPEAN
GRAVITATIONAL
OBSERVATORY



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικών και Κοινοβουλευτικών
Πανεπιστημίων Αθηνών



Ελληνική Ομάδα Εκπαίδευσης
www.physics.ntua.gr/POPPHYS
International Particle Physics Outreach Group



ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΤΑ ΕΛΛΗΝΙΚΑ Ν.Δ. ΤΡΑΚΑΣ

CERN



ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ
ΓΙΑ ΟΛΟΥΣ

PERIMETER
INSTITUTE

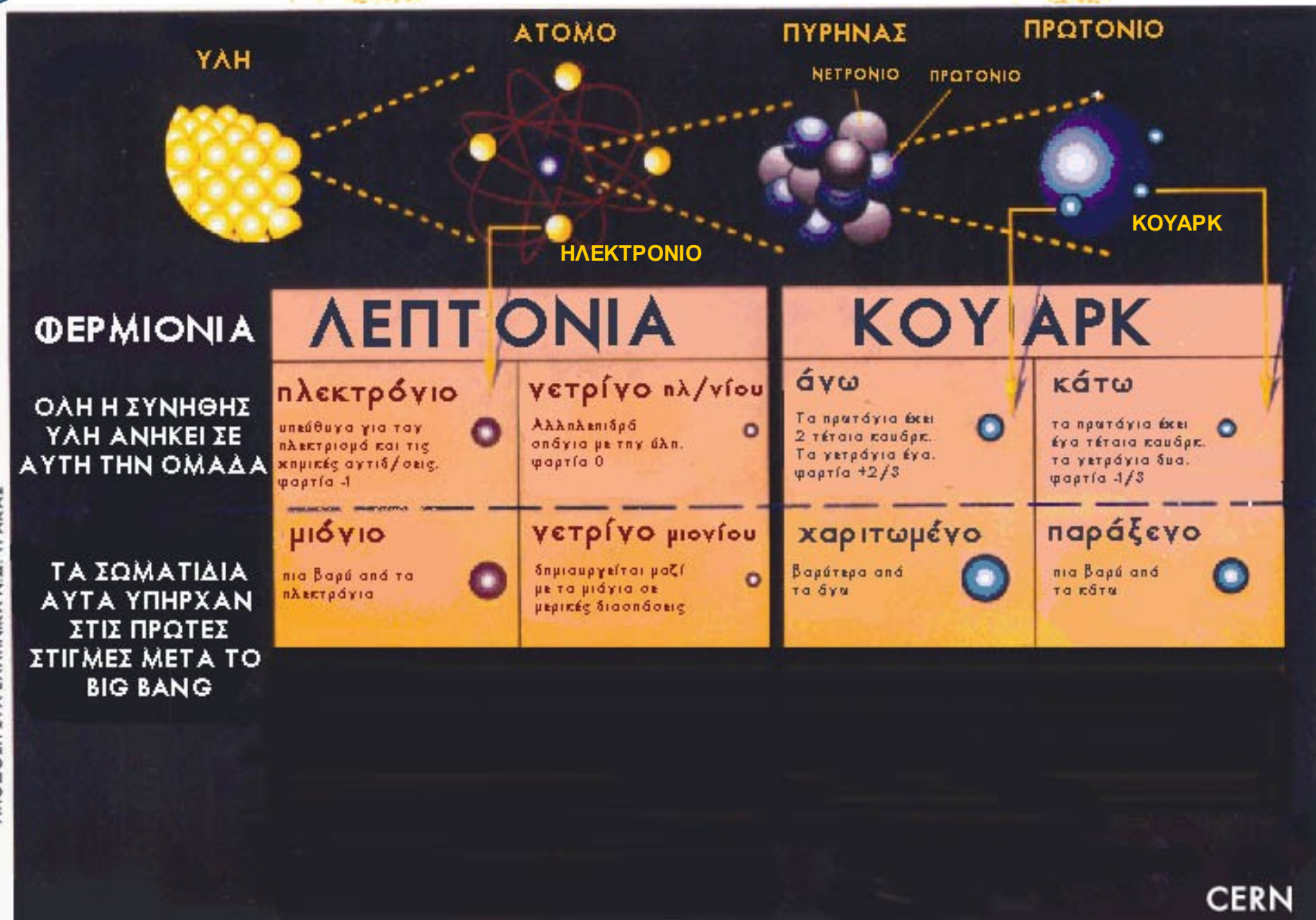
EGO
EUROPEAN
GRAVITATIONAL
OBSERVATORY



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικών και Κοινοβουλευτικών
Πανεπιστημίων Αθηνών



Ελληνική Ομάδα Εκπαίδευσης
www.physics.ntua.gr/POPPHYS
International Particle Physics Outreach Group



ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΤΑ ΕΛΛΗΝΙΚΑ Ν.Δ. ΤΡΑΚΑΣ

CERN



ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ
ΓΙΑ ΟΛΟΥΣ

PERIMETER INSTITUTE

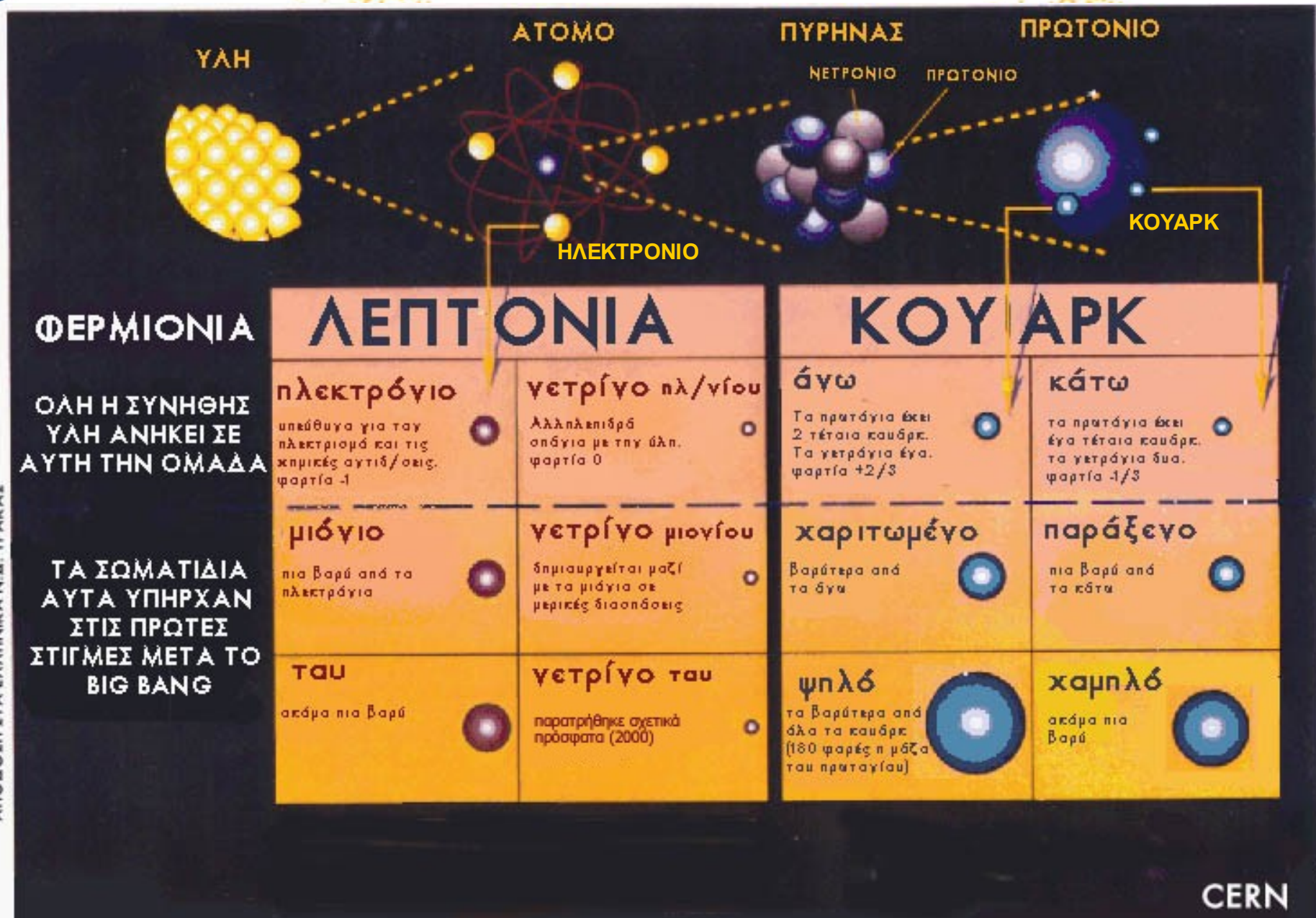
EGO EUROPEAN GRAVITATIONAL OBSERVATORY



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικών και Κοινοβουλευτικών
Πανεπιστημίων Αθηνών



Ελληνική Ομάδα Εκπαίδευσης
www.physics.ntua.gr/POPPHYS
International Particle Physics Outreach Group



ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΤΑ ΕΛΛΗΝΙΚΑ Ν.Δ. ΤΡΑΚΑΣ



ΥΛΗ

ΑΤΟΜΟ

ΠΥΡΗΝΑΣ

ΠΡΩΤΟΝΙΟ

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΟ

ΦΕΡΜΙΟΝΙΑ

ΛΕΠΤΟΝΙΑ

ΑΝΤΙΥΛΗ

ΟΛΗ Η ΣΥΝΗΘΗΣ ΥΛΗ ΑΝΗΚΕΙ ΣΕ ΑΥΤΗ ΤΗΝ ΟΜΑΔΑ
ΤΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ ΑΥΤΑ ΥΠΗΡΧΑΝ ΣΤΙΣ ΠΡΩΤΕΣ ΣΤΙΓΜΕΣ ΜΕΤΑ ΤΟ BIG BANG

πλεκτρόνιο
 υπεύθυνο για τον ηλεκτρισμό και τις χημικές αντιδράσεις (φορτίο -1)

νετρόνιο
 Βαρύτερα από τα δύο

πρωτόνιο
 Βαρύτερα από τα δύο

μυόνιο
 παρατηρήθηκε σχετικά πρόσφατα (2000)

τρίγιο του ταυ
 παρατηρήθηκε σχετικά πρόσφατα (2000)

παραίτητο
 τα πρωτόνια έχει ένα τέτατο κουάρκ, τα νετρόνια δυο, φορτίο -1/3

παράξενο
 πιο βαρύ από τα άλλα

ψηλό
 τα βαρύτερα από όλα τα κουάρκ (180 φορές η μάζα του πρωταγίου)

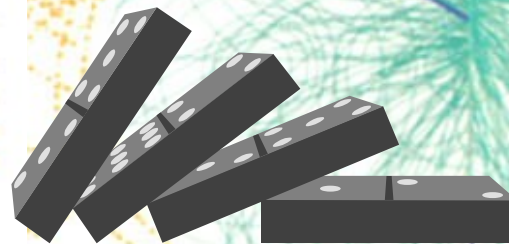
χαμηλό
 ακόμα πιο βαρύ

ΑΝΤΙΥΛΗ
 Για κάθε σωματίδιο υπάρχει και το αντισωματίδιό του

CERN

αλλά, μόνο το 4% της ύλης του σύμπαντος αποτελείται από αυτά τα σωματίδια! Το 22% αποτελεί την "σκοτεινή ύλη" και το 76% "την σκοτεινή ενέργεια"

**... και οι
αλληλεπιδράσεις τους**



ΟΙ ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΤΗΣ ΦΥΣΗΣ

ΕΙΔΟΣ			ΠΑΡΟΥΣΙΑ
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ			ΑΤΟΜΙΚΕΣ ΣΤΙΒΑΔΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ
ΒΑΡΥΤΗΤΑ			ΟΥΡΑΝΙΑ ΣΩΜΑΤΑ

ΟΙ ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΤΗΣ ΦΥΣΗΣ

ΕΙΔΟΣ			ΠΑΡΟΥΣΙΑ
ΙΣΧΥΡΗ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ			ΑΤΟΜΙΚΟΥΣ ΠΥΡΗΝΕΣ
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ			ΑΤΟΜΙΚΕΣ ΣΤΙΒΑΔΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ
ΑΣΘΕΝΗΣ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ			ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΟ ΔΙΑΣΠΑΣΗ Β
ΒΑΡΥΤΗΤΑ			ΟΥΡΑΝΙΑ ΣΩΜΑΤΑ

ΟΙ ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΤΗΣ ΦΥΣΗΣ

ΕΙΔΟΣ	ΣΧΕΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ		ΠΑΡΟΥΣΙΑ
ΙΣΧΥΡΗ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ	-1		ΑΤΟΜΙΚΟΥΣ ΠΥΡΗΝΕΣ
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ	-10^3		ΑΤΟΜΙΚΕΣ ΣΤΙΒΑΔΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ
ΑΣΘΕΝΗΣ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ	-10^5		ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΟ ΔΙΑΣΠΑΣΗ Β
ΒΑΡΥΤΗΤΑ	-10^{38}		ΟΥΡΑΝΙΑ ΣΩΜΑΤΑ

ΟΙ ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΤΗΣ ΦΥΣΗΣ

ΕΙΔΟΣ	ΣΧΕΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ	ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ ΣΩΜΑΤΙΔΙΟ (ΚΒΑΝΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ)	ΠΑΡΟΥΣΙΑ
ΙΣΧΥΡΗ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ (κουάρκ)	-1	8 ΓΚΛΟΥΟΝΙΑ (ΑΜΑΖΑ) ●	ΑΤΟΜΙΚΟΥΣ ΠΥΡΗΝΕΣ
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ (φορτισμένα)	-10^{-3}	ΦΩΤΟΝΙΟ (ΑΜΑΖΟ) ●	ΑΤΟΜΙΚΕΣ ΣΤΙΒΑΔΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ
ΑΣΘΕΝΗΣ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ (κουάρκ, λεπτόνια)	-10^{-5}	ΜΠΟΖΟΝΙΑ Z, W^+, W^- (ΜΕΓΑΛΗ ΜΑΖΑ)	ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΟ ΔΙΑΣΠΑΣΗ Β
ΒΑΡΥΤΗΤΑ (όλα)	-10^{-38}	ΓΚΡΑΒΙΤΟΝΙΑ (;)	ΟΥΡΑΝΙΑ ΣΩΜΑΤΑ



Η ΑΝΤΑΛΛΑΓΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΕΙΝΑΙ ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΓΙΑ ΤΗ ΔΥΝΑΜΗ

... από το 1967 (Weinberg, Salam, Glashow)

ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση
ασθενής αλληλεπίδραση

... με τη βοήθεια του σωματιδίου *higgs* που επιτρέπει
στα *W* και *Z* να έχουν μάζα ενώ
το φωτόνιο παραμένει άμαζο

... τα πειράματα που ξεκίνησαν το φθινόπωρο του 2009
είχαν ως κύριο σκοπό την ανακάλυψη του σωματιδίου
higgs, η οποία (ανακάλυψη) ανακοινώθηκε τον Ιούλιο
του 2012



ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ
ΓΙΑ ΟΛΟΥΣ

PI PERIMETER
INSTITUTE



EGO EUROPEAN
GRAVITATIONAL
OBSERVATORY



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικών και Κοινοβουλευτικών
Πανεπιστημίων Αθηνών



Ελληνική Ομάδα Εκπαίδευσης
www.physics.ntua.gr/POPPHYS
International Particle Physics Outreach Group

... και άλλη μια διευκρίνιση

**... η ισχυρή πυρηνική αλληλεπίδραση μεταξύ των
νουκλεονίων (και των άλλων αδρονίων)
αντικαθίσταται από την:**

**Κβαντική Χρωμοδυναμική
(Gross Politzer, Wilzcek)**

**... που περιγράφει τις αλληλεπιδράσεις ανάμεσα
στα κουαρκ**



ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ
ΓΙΑ ΟΛΟΥΣ

PI PERIMETER
INSTITUTE



EGO EUROPEAN
GRAVITATIONAL
OBSERVATORY



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικών και Κοινοβουλευτικών
Πανεπιστημίων Αθηνών



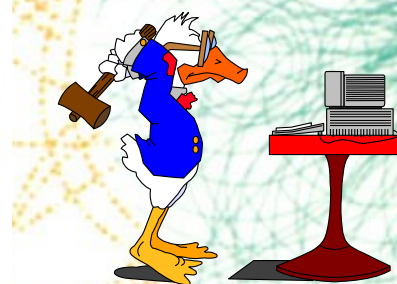
Ελληνική Ομάδα Εκπαίδευσης
www.physics.ntua.gr/POPPHYS
International Particle Physics Outreach Group

... οι τρεις γενιές των σωματιδίων και το higgs,
η Ηλεκτρασθενής αλληλεπίδραση και η
Κβαντική Χρωμοδυναμική αποτελούν το:

Καθιερωμένο Πρότυπο (Standard Model)

... που συμφωνεί (με μεγάλη ακρίβεια) με όλα
τα έως σήμερα πειράματα

**... και τα πειράματα
πώς γίνονται;**



... Τα σύγχρονα πειράματα
απαιτούν

επιταχυντές

ανιχνευτές





ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ
ΓΙΑ ΟΛΟΥΣ

PI PERIMETER
INSTITUTE



EGO EUROPEAN
GRAVITATIONAL
OBSERVATORY

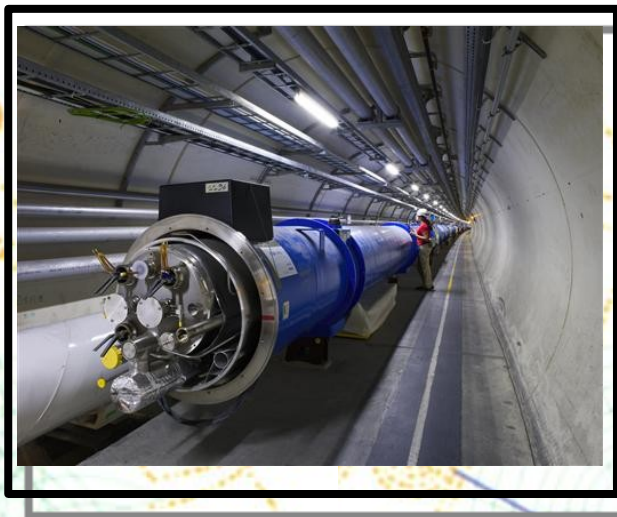
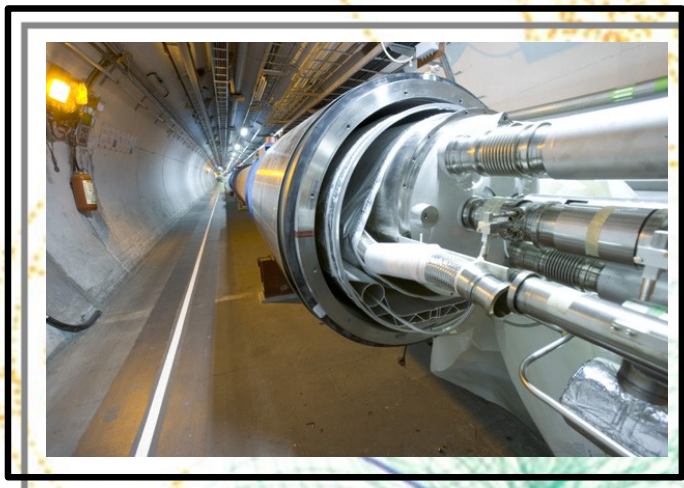


ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Ἀθηνῶν



Ελληνική Ομάδα Εκπαίδευσης
www.physics.ntua.gr/POPPHYS
International Particle Physics Outreach Group

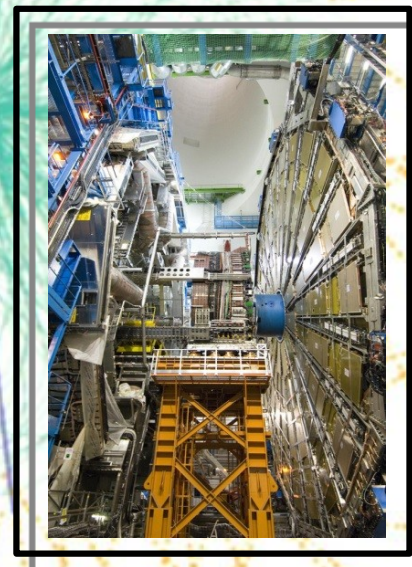
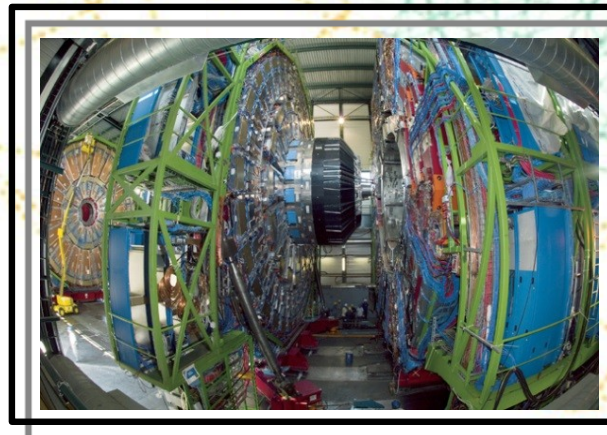
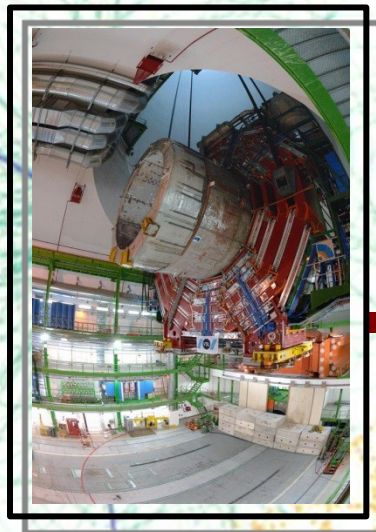
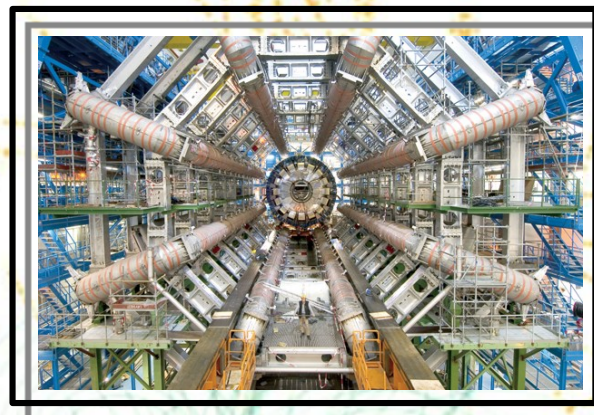
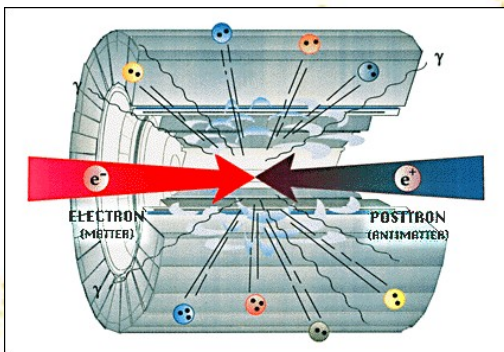




LHC

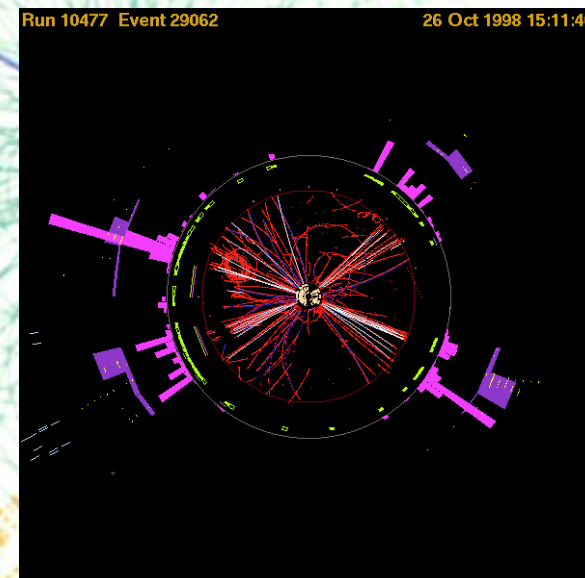
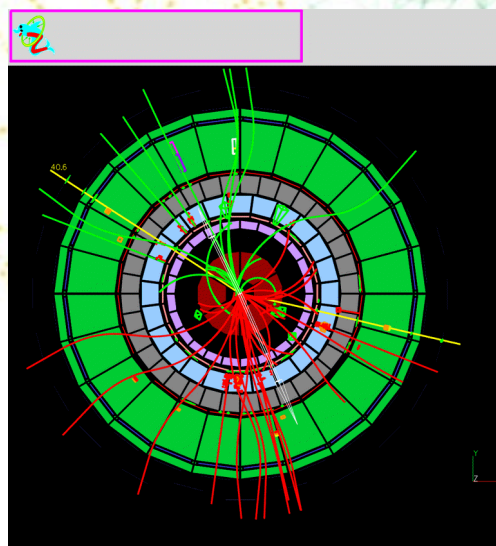
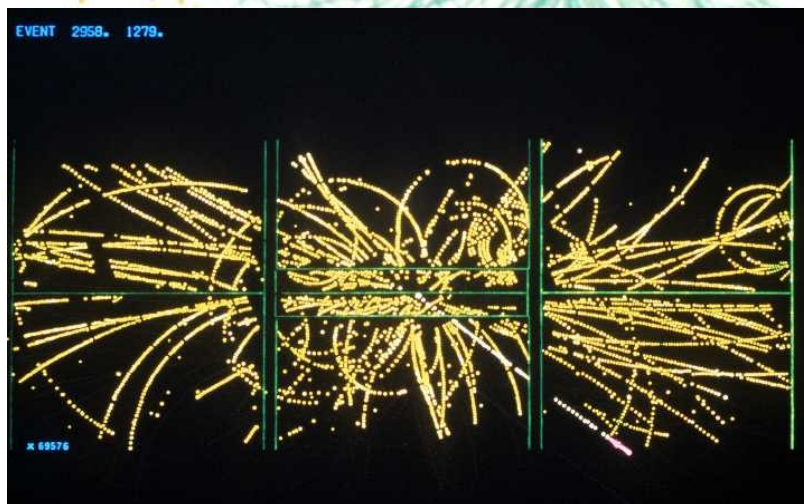
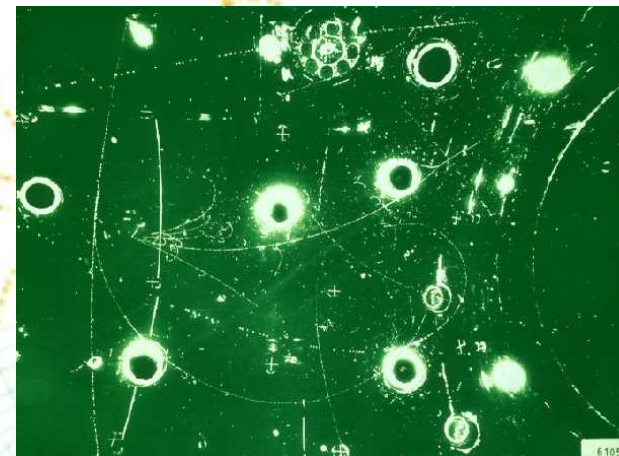


... βιβλίο Guinness



... ανιχνευτές

... πώς λειτουργούν οι ανιχνευτές



... δικαιολογούνται τέτοια κονδύλια για βασική έρευνα;

επιταχυντής LHC:
6 δισ. €

κόστος 10 χρόνων
λειτουργίας του LHC

κατασκευή και κόστος
10 χρόνων λειτουργίας
του LHC

υπόσχεση στις Ελληνικές
τράπεζες το 2010:
29 δισ. €



3 ημέρες πόλεμος
το Ιράκ

κόστος ενός
αεροπλανοφόρου

... εφαρμογές

ιατρική


ακτινογραφίες
τομογραφία (PET)

επιταχυντές-
θεραπεία καρκίνου

μαγνήτες



υπεραγώγιοι
μαγνήτες




θερμοκρασία
υγρού He

ηλεκτρικό ρεύμα
10 000A

fast bus

έλεγχος επιταχυντών



έλεγχος ανιχνευτών

ηλεκτρονικά

WWW

Tim Berners-Lee




παγκόσμιος ιστός



ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ
ΓΙΑ ΟΛΟΥΣ

PI PERIMETER
INSTITUTE



EGO EUROPEAN
GRAVITATIONAL
OBSERVATORY



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικών και Κοινοβουλευτικών
Πανεπιστημίων Αθηνών



Ελληνική Ομάδα Εκπαίδευσης
www.physics.ntua.gr/POPPHYS
International Particle Physics Outreach Group

**... η σημερινή βασική έρευνα
είναι ο "σπόρος" της
αυριανής τεχνολογίας**

σας ευχαριστώ

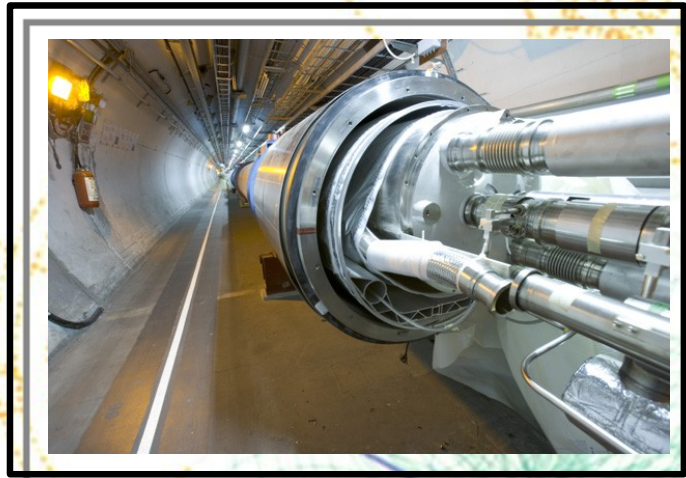


ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ
ΓΙΑ ΟΛΟΥΣ

PERIMETER INSTITUTE EGO EUROPEAN GRAVITATION OBSERVATORY



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ



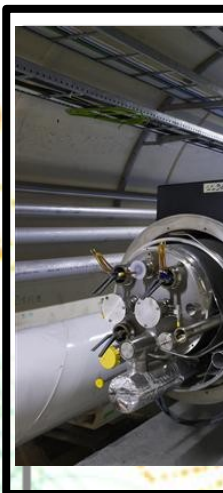
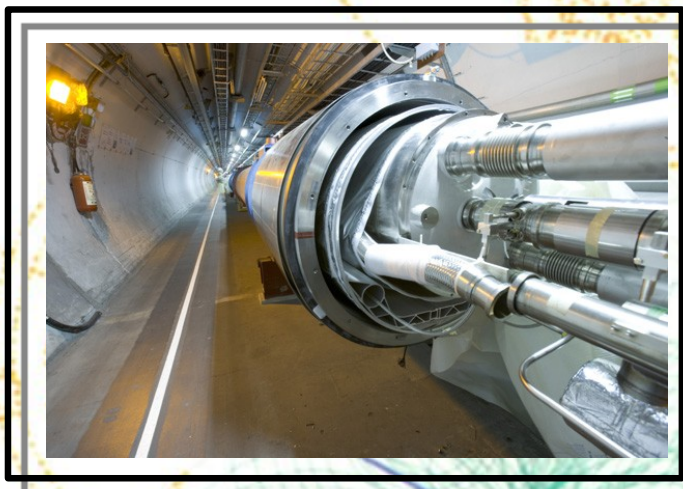
S
S
P

... βιβλίο Guinness

Νίκος Τράκας
ΣΕΜΦΕ/ΕΜΠ

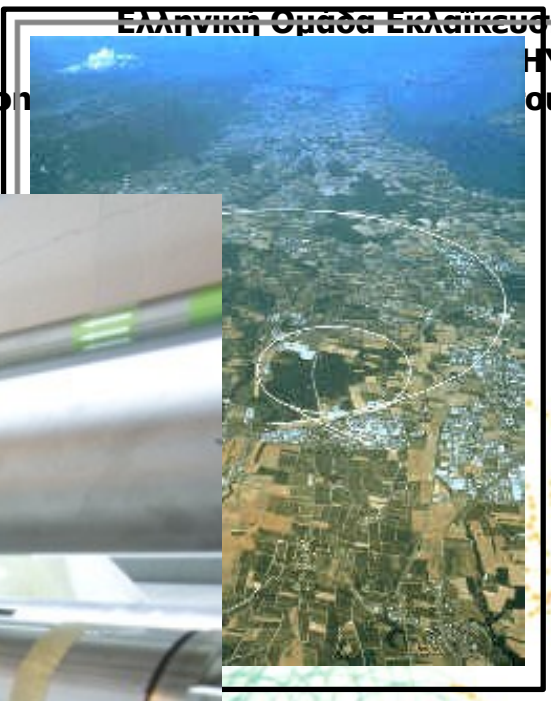
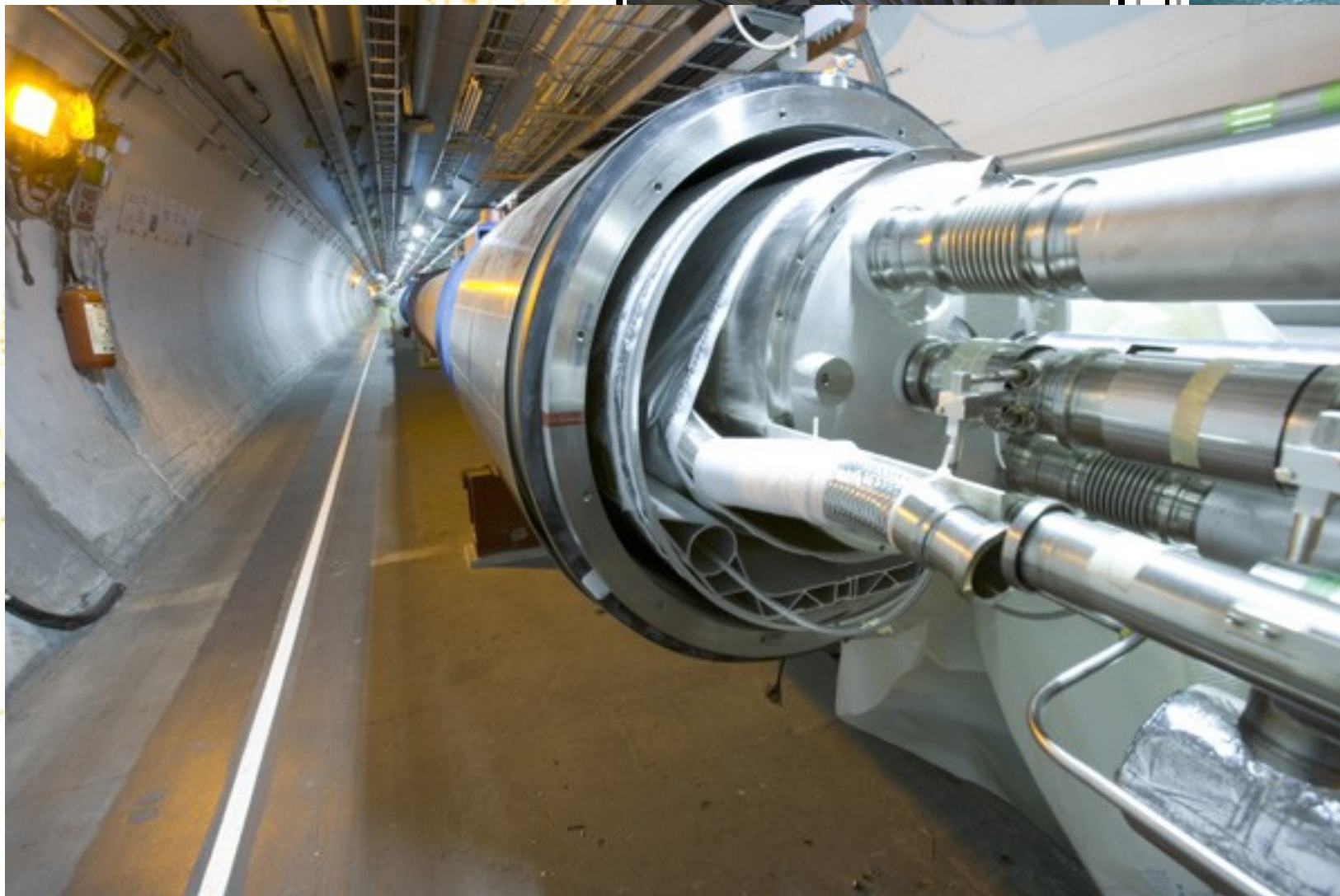


Παρασκευή 17 Δεκεμβρίου 2021



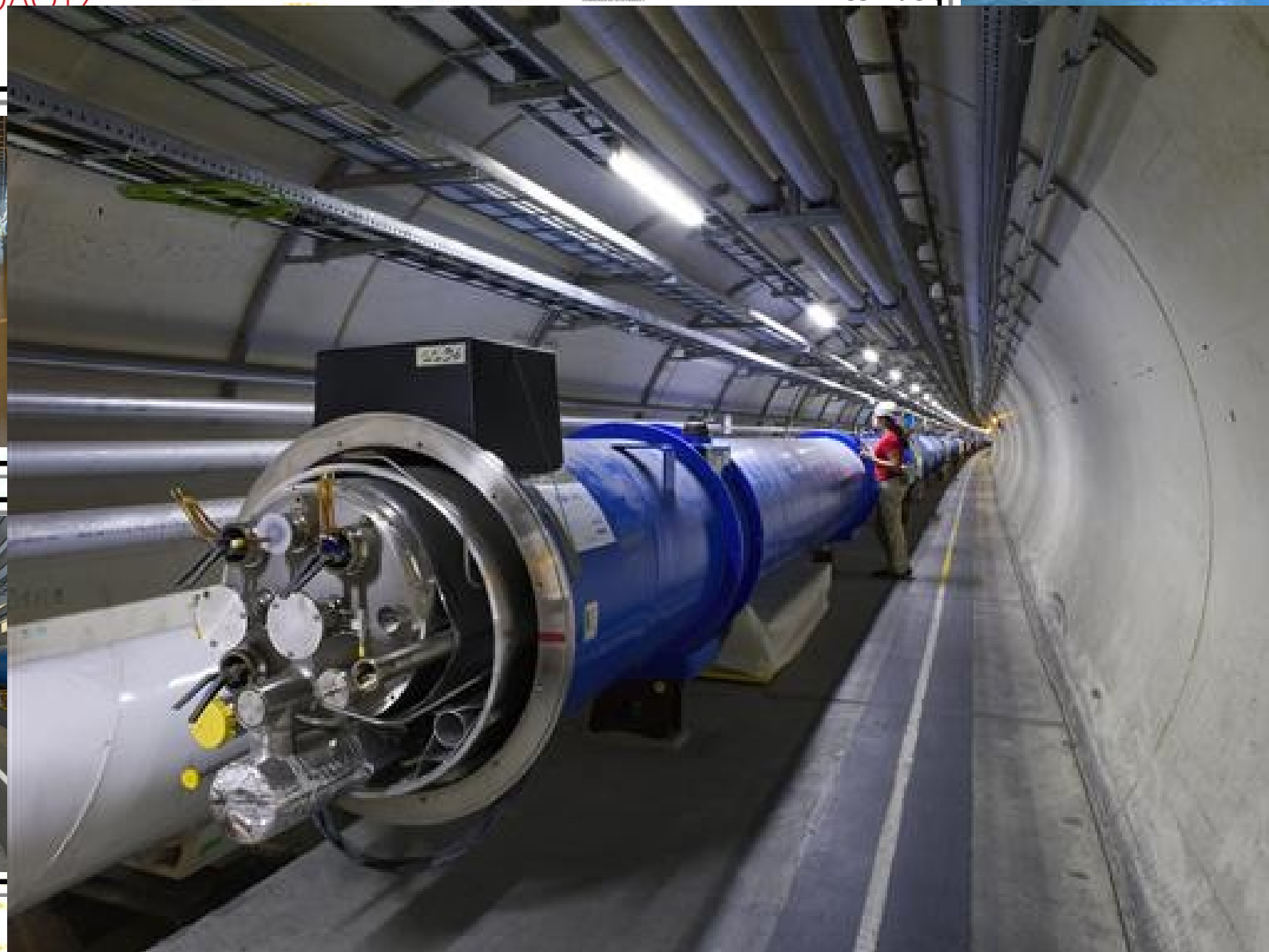
... βιβλίο Guinness





... βιβλίο Guinness





... βιβλίο Guinness





ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ
ΓΙΑ ΟΛΟΥΣ

PI PERIMETER
INSTITUTE

EGO EUROPEAN
GRAVITATIONAL
OBSERVATORY

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικών και Κοινοβουλευτικών
Πανεπιστημίων Αθηνών

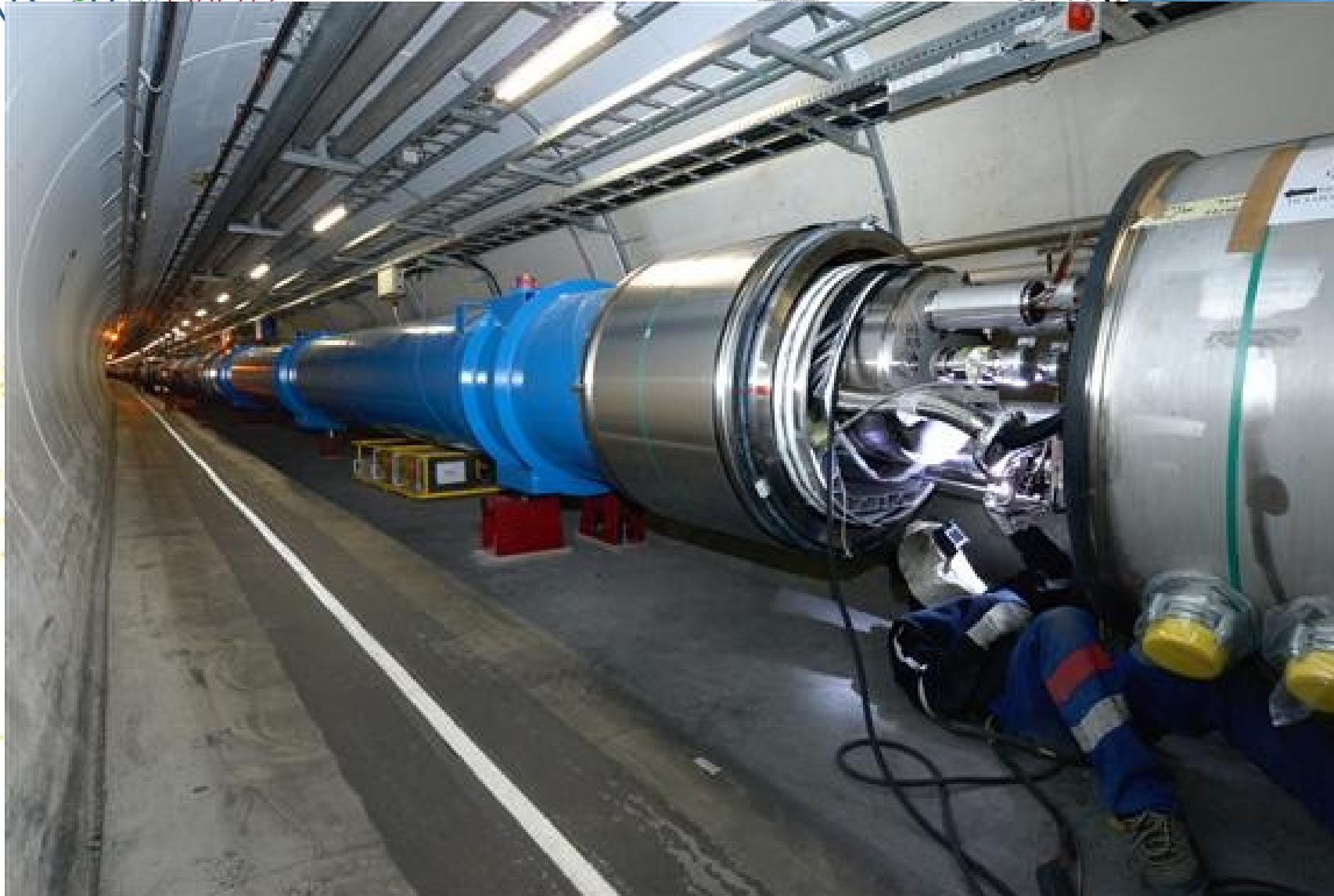


ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικών και Κοινοβουλευτικών
Πανεπιστημίων Αθηνών



International

Ελληνική Ομάδα Εκπαίδευσης
HYS
group

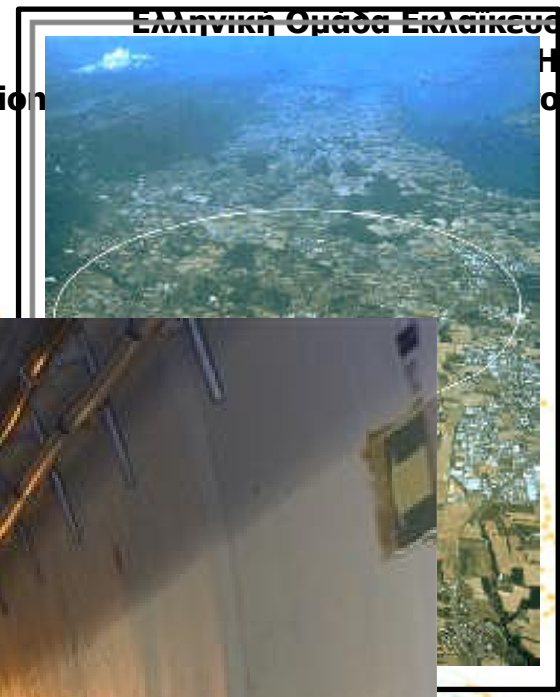


... βιβλίο Guinness

Νίκος Τράκας
ΣΕΜΦΕ/ΕΜΠ



Παρασκευή 17 Δεκεμβρίου 2021



... β



... LHC καταχωρίσεις στο Βιβλίο Guinness

τα πρωτόνια, σε 20',
αποκτούν ταχύτητα ...

η ελεύθερη διαδρομή
ενός πρωτονίου είναι ...

τα ρεύμα που διαρρέει
τους μαγνήτες είναι ...

Η θερμοκρασία των
μαγνητών καμπύλωσης ...

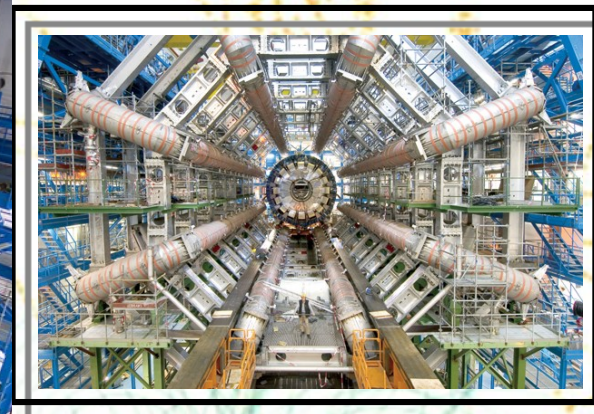
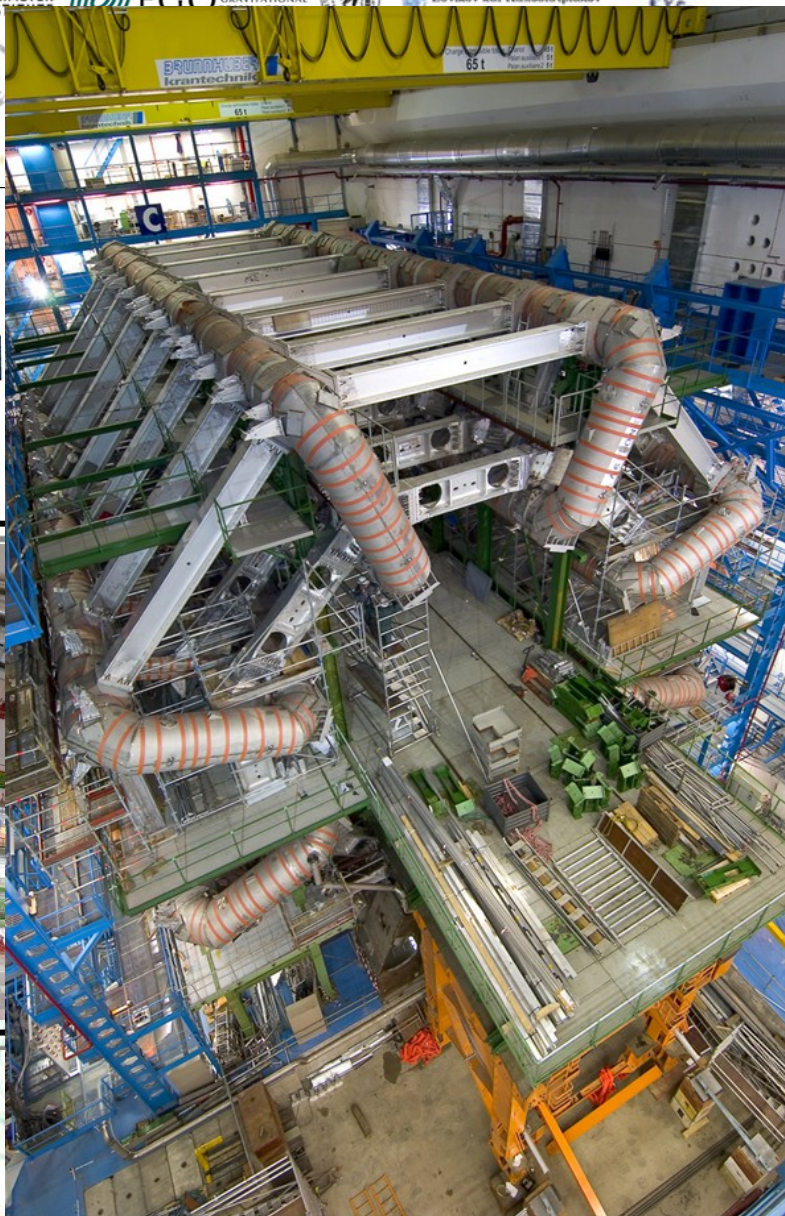
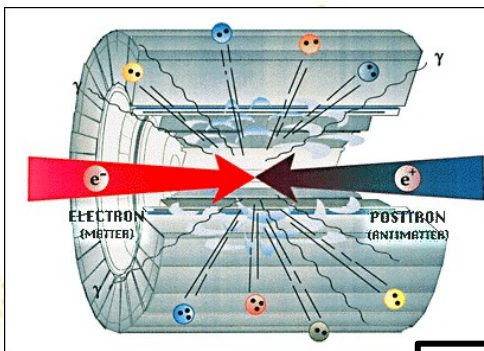
$c \cdot 0,9999999991$

1 έτος φωτός

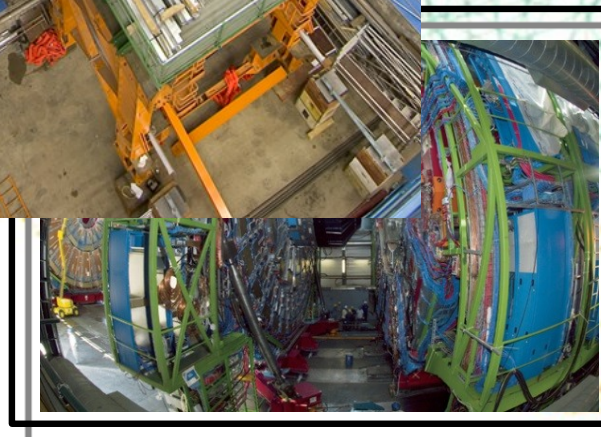
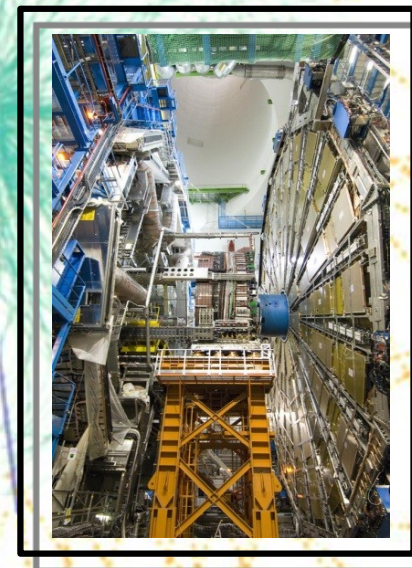
7 000 - 10 000 A

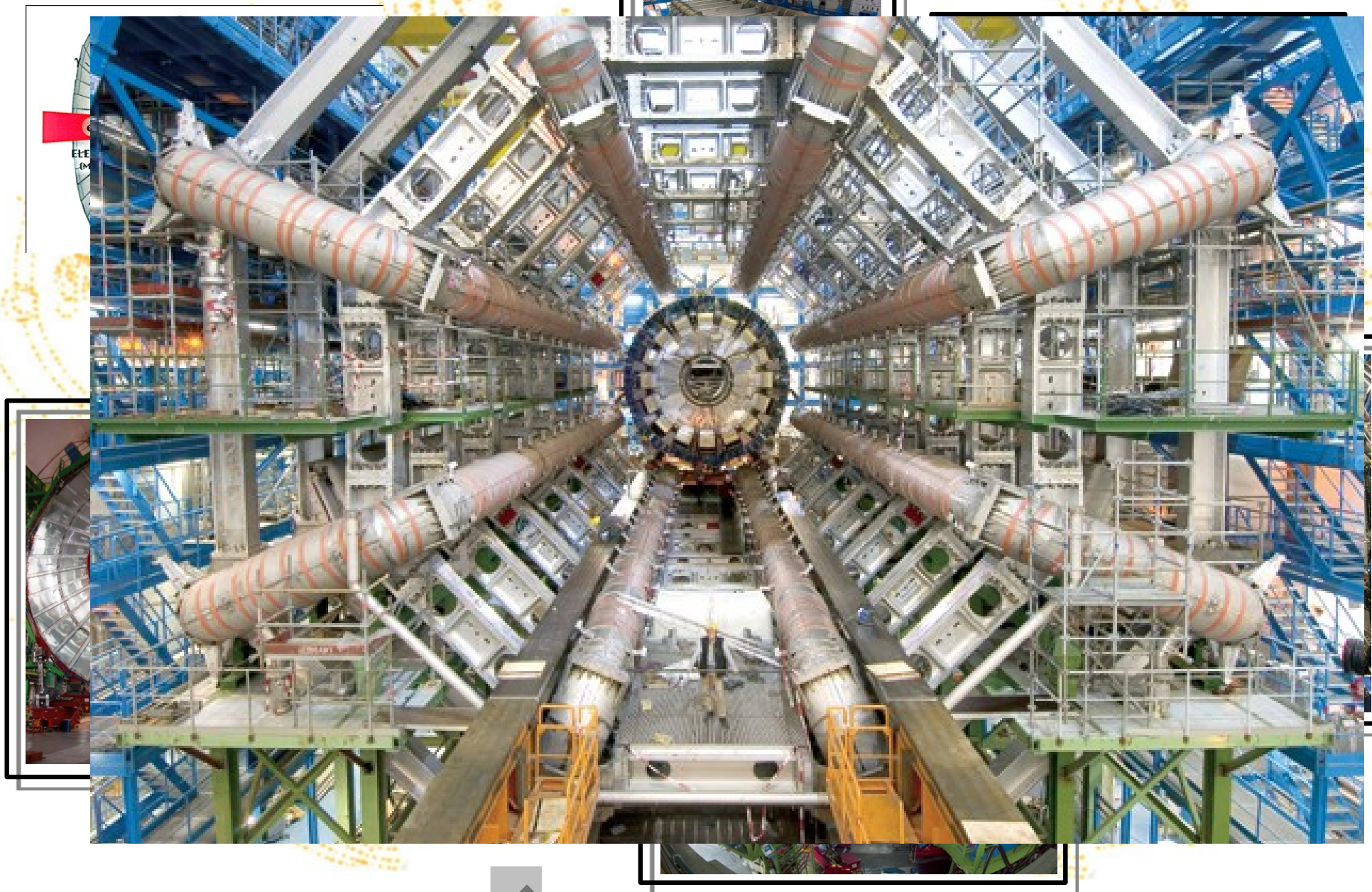
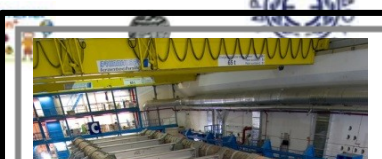
-270°C (2°K)

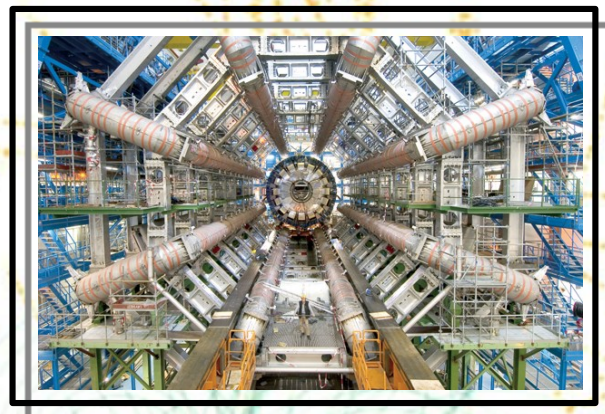
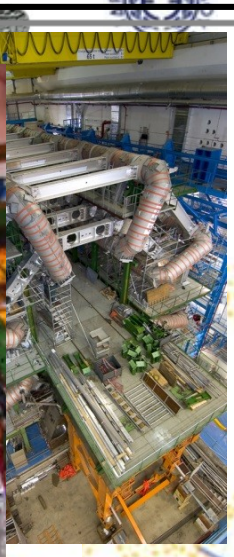
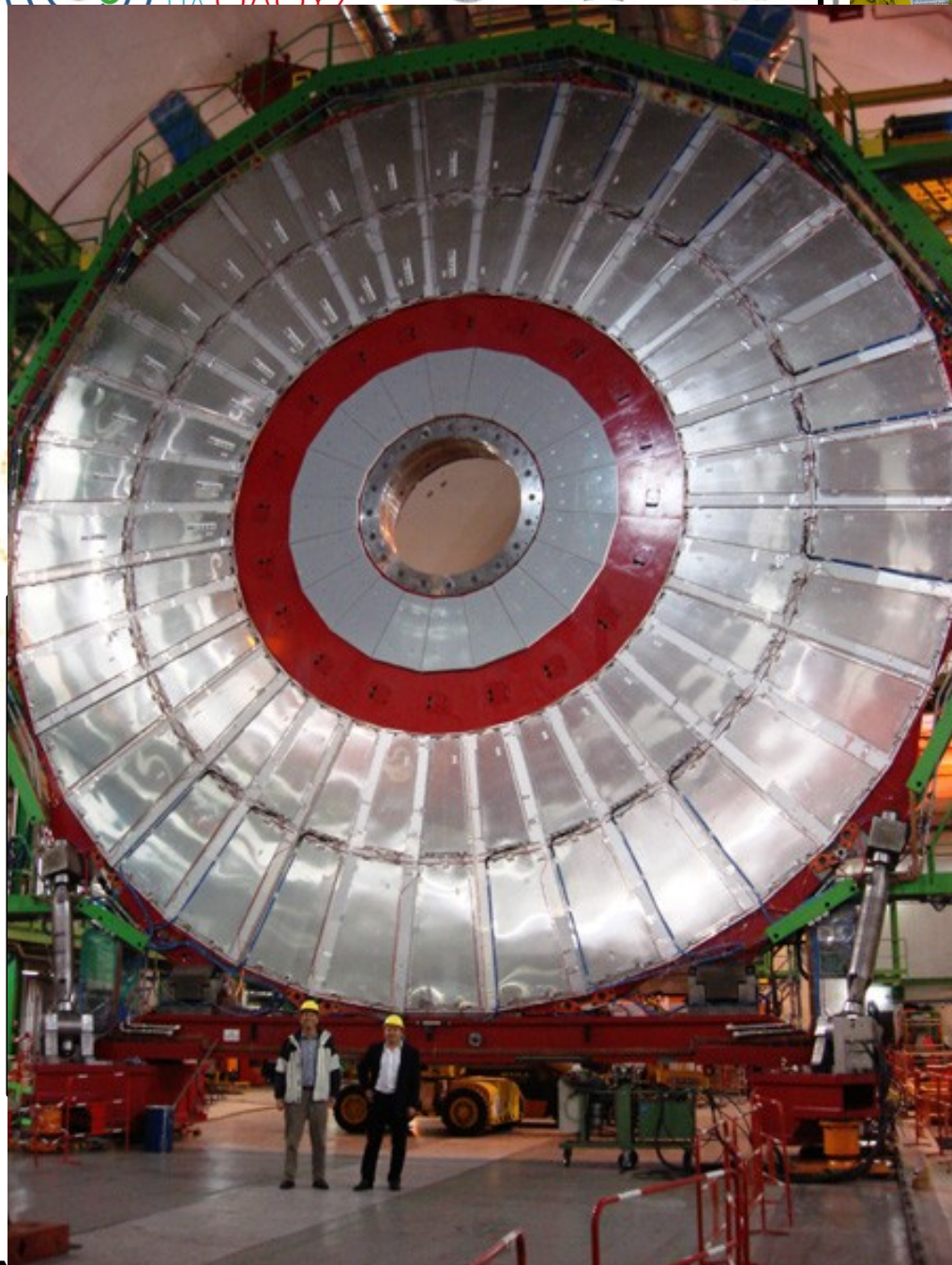




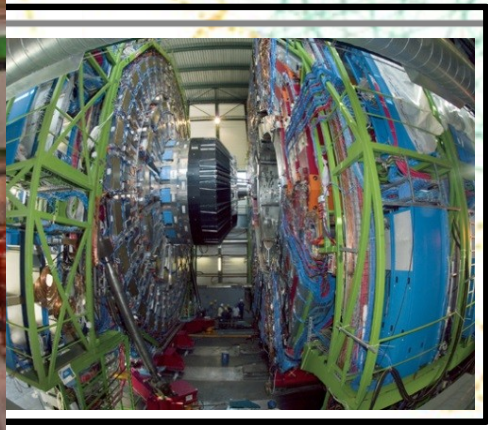
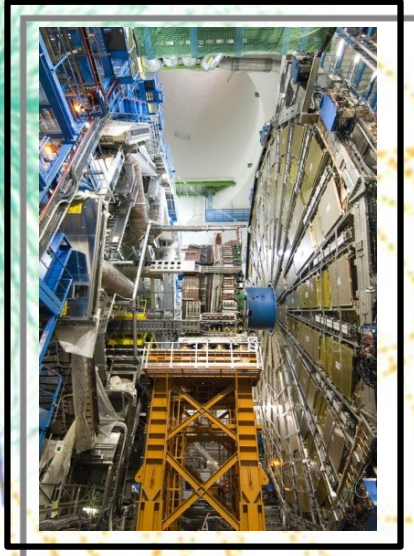
ΥΤΕΣ

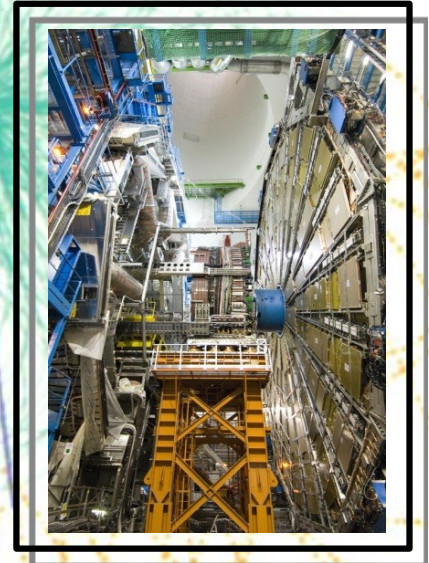
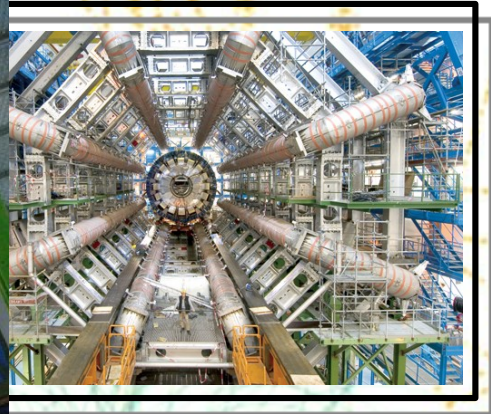
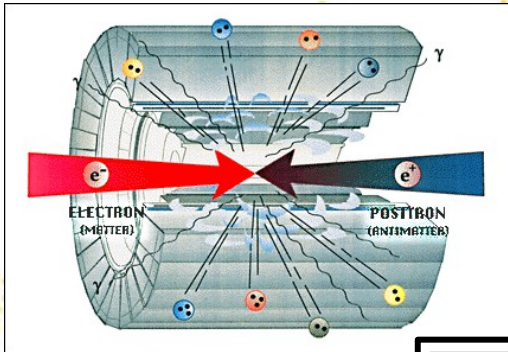






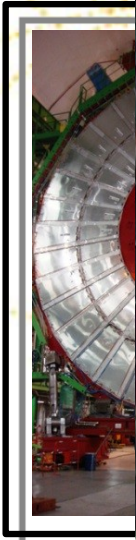
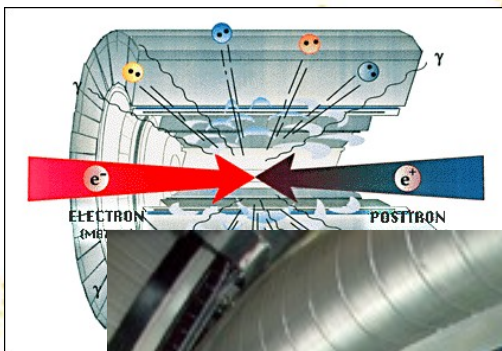
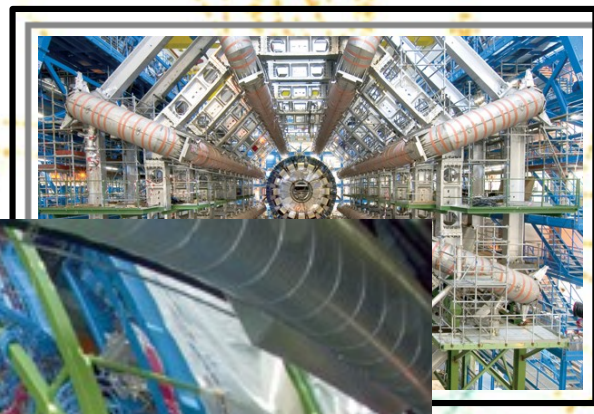
ΝΙΧΝΕΥΤΕΣ

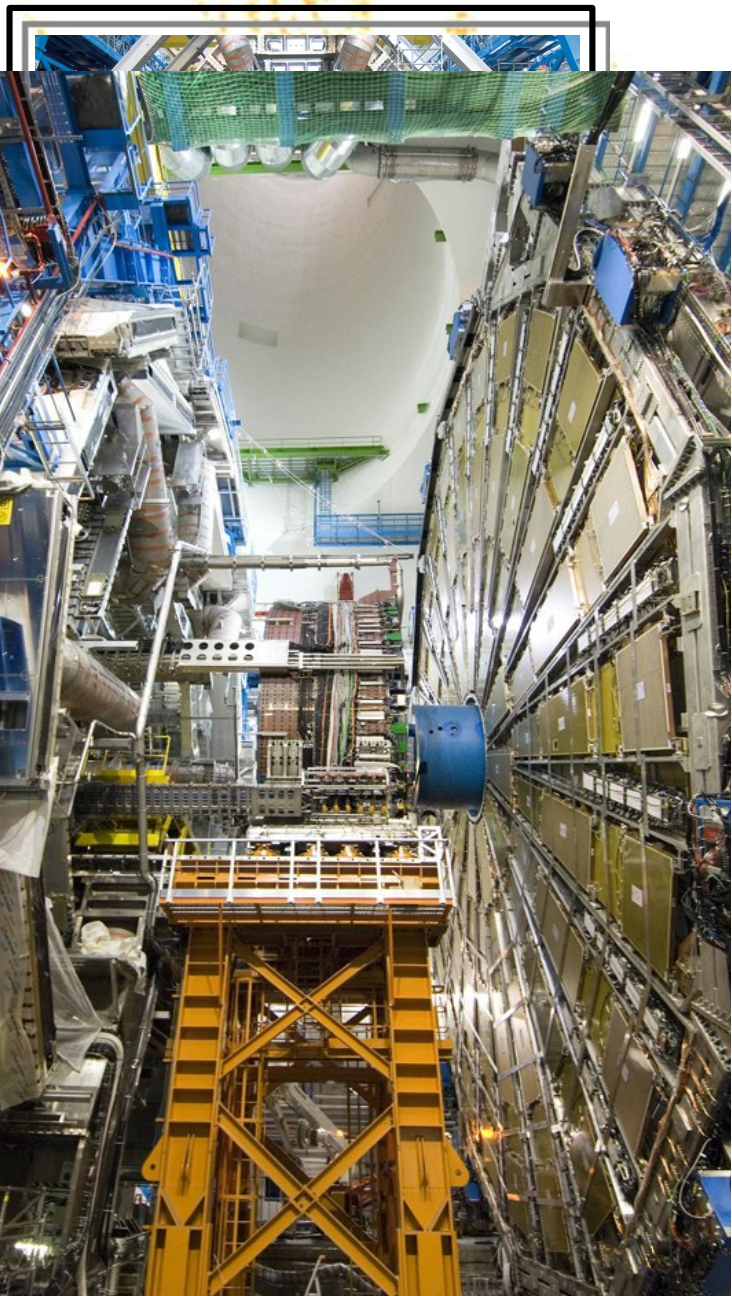
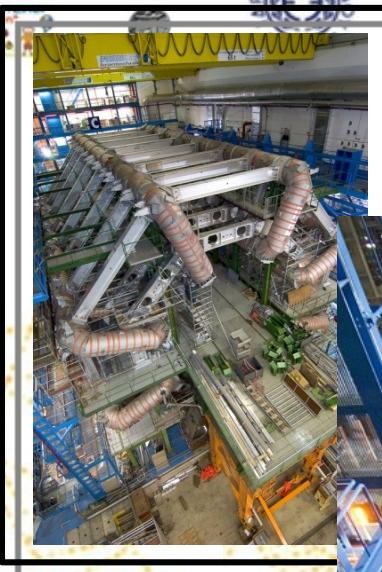
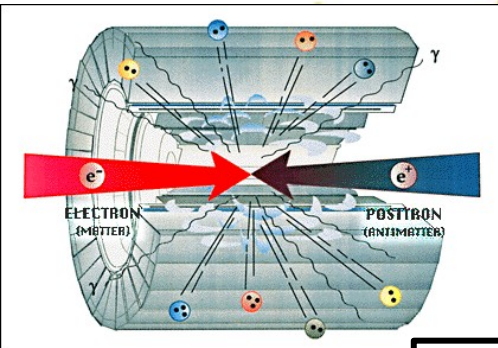




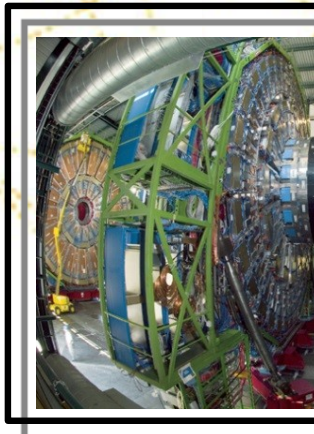
ές







... ανιχν



... εφαρμογές

ιατρική

ακτινογραφίες

τομογραφία (PET)



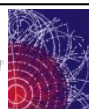
μαγνήτες



επιταχυντές-
θεραπεία καρκίνου

Tim Berners-Lee

έλεγχος ανιχνευτών



ηλεκτρονικά

WWW

Tim Berners-Lee



παγκόσμιος ιστός



... εφαρμογές

ιατρική

ακτινογραφίες
τομογραφία (PET)



επιταγντές-
θεραπεία καρκίνου

μαγνήτες

υπεραγώγιοι
μαγνήτες

θερμοκρασία
υγρού He



έλεγχος επιταγν

έλε



ηλεκτρικό ρεύμα
10 000A



WWW

Tim Berners-Lee



παγκόσμιος ιστός

... εφαρμογές

ιατρική

ακτινογραφίες
τομογραφία (PET)



επιταχυντές-
θεραπεία καρκίνου

fast bus



έλεγχος επιταχυντών

έλεγχος ανιχνευτών



θερμοκρασία
υγρού He

εκτροχικό ρεύμα
1000A

ηλεκτρονικά

WWW

Tim Berners-Lee



παγκόσμιος ιστός



... εφαρμογές

ιατρική

ακτινογραφίες
τομογραφία (PET)



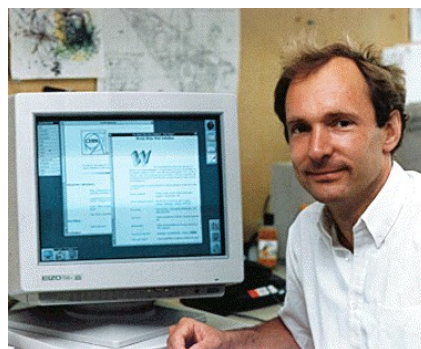
επιταγντές-
θεραπεία καρκίνου

μαγνήτες



έλεγχος επι

Tim Berners-Lee



παγκόσμιος ιστός

WWW



η ανάγκη του σωματιδίου Higgs (2)

θεωρίες που "ευελπιστούν" να περιγράψουν τη φύση πρέπει να είναι και *αυτοσυνεπείς* (να μην οδηγούν σε αφύσικα συμπεράσματα).

πρέπει να υπακούν ορισμένους κανόνες

έως σήμερα, γνωρίζουμε μόνο ένα τύπο θεωριών που υπακούουν αυτούς τους κανόνες: τις *θεωρίες βαθμίδας (ΘΒ)*

οι θεωρίες βαθμίδας δεν επιτρέπουν στους φορείς της αλληλεπίδρασης να έχουν μάζα. δηλαδή: οι μαθηματικές εξισώσεις που περιγράφουν τη θεωρία δεν επιτρέπουν όρους που αντιστοιχούν στην περιγραφή ενός σωματιδίου με μάζα για τον ηλεκτρομαγνητισμό (με το άμαζο φωτόνιο) όλα είναι "εν τάξει".

για την ασθενή αλληλεπίδραση (με βαριά W και Z) όμως;

η ανάγκη του σωματιδίου Higgs (2)

πώς περιγράφουμε μια τέτοια αλληλεπίδραση ως ΘB ;
δηλαδή, πώς μπορούμε να εμφανίσουμε όρο μάζας για τα
σωματίδια φορείς χωρίς να παραβούμε τους κανόνες;

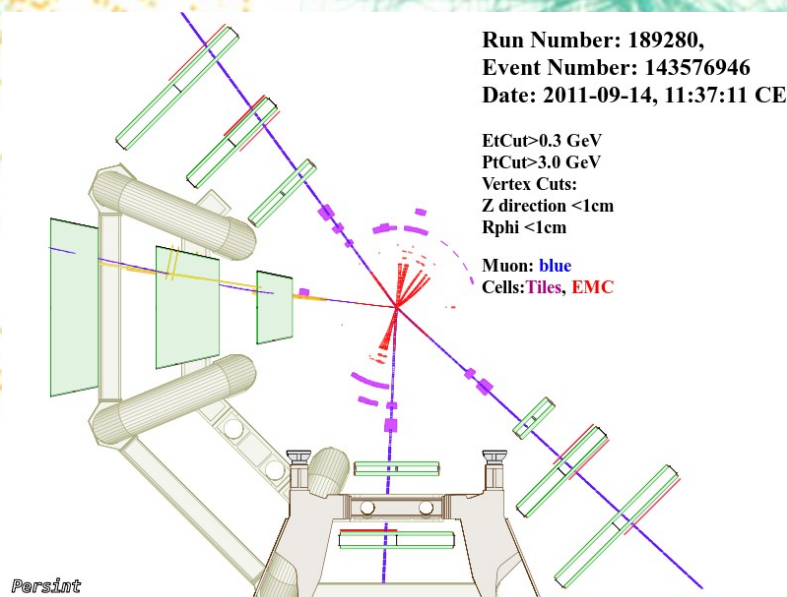
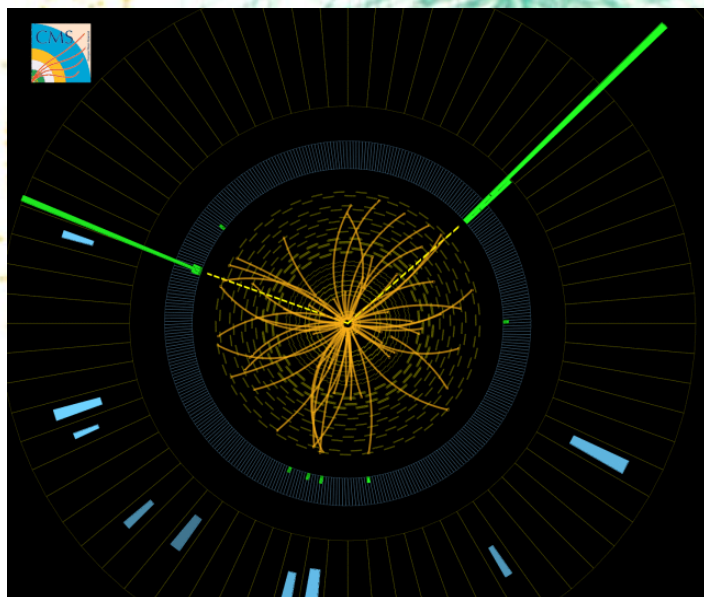
η ιδέα του Higgs (αλλά και των Brout, Englert, Guranlik,
Hagen, Kibble, Nambu) ξεπερνά ακριβώς αυτή τη
δυσκολία εισάγοντας ένα νέο σωματίδιο στη θεωρία,
διαφορετικού τόσο από τα σωματίδια ύλης όσο και από τα
σωματίδια: του σωματιδίου Higgs

επιλογή κατάλληλων (αλλά αποδεκτών) όρων για το νέο
σωματίδιο, οδηγεί σε όρους μάζας για τα W και Z
που ξεπηδούν από την αλληλεπίδραση του Higgs με αυτά τα
σωματίδια

η ανάγκη του σωματιδίου Higgs (3)

ο έλεγχος αυτού του "μηχανισμού" είναι η, κατ' αρχή, παρατήρηση του σωματιδίου Higgs!
είναι πολύ ασταθές σωματίδιο και το παρατηρούμε από τα προϊόντα της διάσπασής του.

Οι πιο "εύκολα" παρατηρούμενες διασπάσεις είναι:
 $H \rightarrow \gamma\gamma$ και $H \rightarrow l+l-l+l-$, όπου $l = e$ ή μ



$$E^2 = mc^2 c^2 + p^2 c^2$$

$m = 0$ (φωτόνιο): $E^2 = p^2 c^2 \Rightarrow p = \frac{E}{c}$

$m \neq 0$: $p = \frac{mv}{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

$E = \frac{mc^2}{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

