

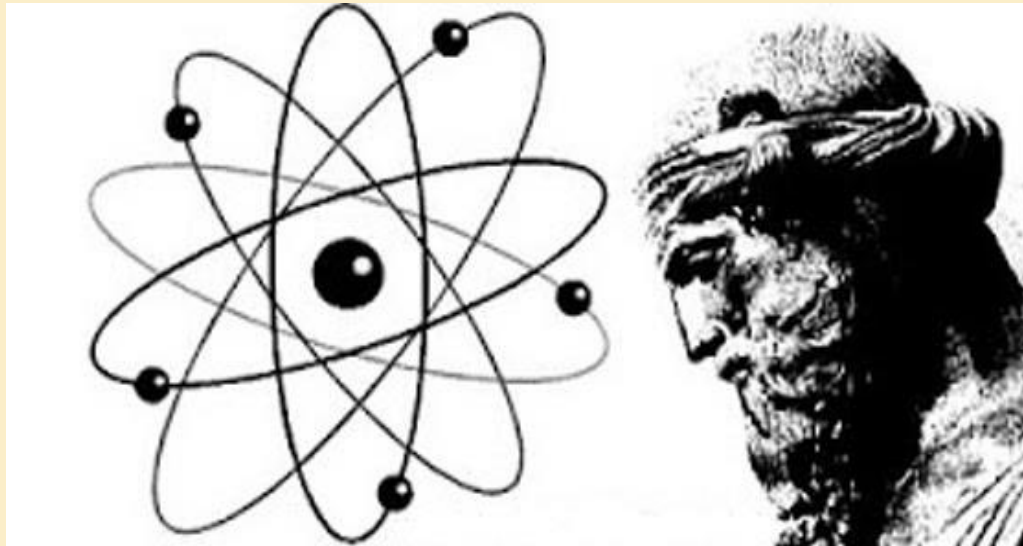
1. ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑΚΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ-CERN
2. ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ
3. ΤΟ ΣΩΜΑΤΙΔΙΟ ΚΑΙ Ο ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ HIGGS
4. ΥΠΕΡΣΥΜΜΕΤΡΙΑ



ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ: Π. ΚΑΛΟΓΕΡΑΚΟΣ (ΦΥΣΙΚΟΣ)

Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΜΕΧΡΙ ΤΟ 1932-ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ

Η ατομική θεωρία της ύλης, σαν φιλοσοφική θεωρία τουλάχιστον, ξέρουμε ότι ξεκίνησε από τον Λεύκιππο και το Δημόκριτο (4ος αιώνας π.χ.). Υποστήριξαν ότι η ύλη αποτελείται από πολύ μικρά σωματίδια, τα οποία δεν μπορούν να διαιρούνται απεριόριστα και γι αυτό ονομάστηκαν ά-τομα (δηλαδή άτμητα).



Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΜΕΧΡΙ ΤΟ 1932 - DALTON

Στις αρχές του 19ου αιώνα ο Dalton επανέφερε την ατομική θεωρία για να εξηγήσει τους νόμους της Χημείας που ανακάλυψε πειραματικά.

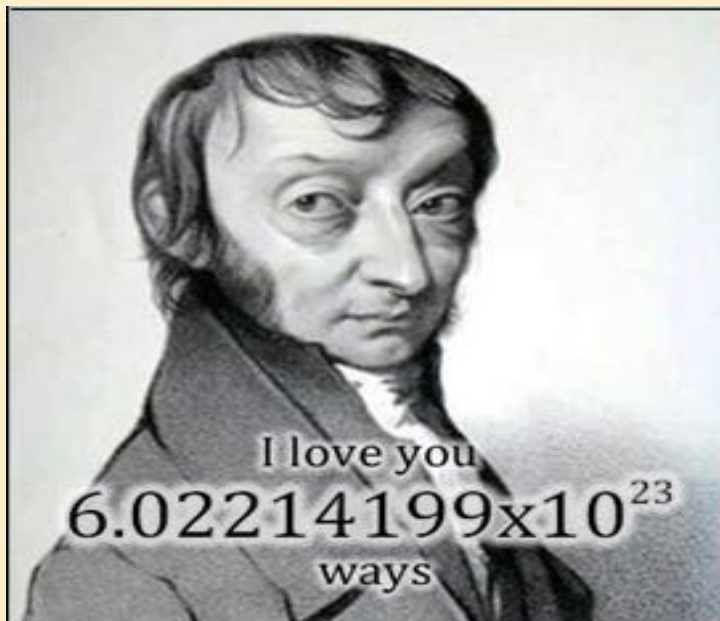
Ο Dalton (1766 – 27 Ιουλίου 1844) ήταν Άγγλος φαρμακοποιός, μετεωρολόγος και φυσικός. Είναι γνωστός για την πρωτοποριακή εργασία του στην ανάπτυξη της σύγχρονης ατομικής θεωρίας, και την έρευνά του για την αχρωματοψία, η οποία μερικές φορές αναφέρεται ως "δαλτονισμός" προς τιμήν του.



Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΜΕΧΡΙ ΤΟ 1932 - ΑVOΓADRO

Το 1811 ο Avogadro υποστηρίζει ότι τα αέρια αποτελούνται από μόρια, τα οποία προκύπτουν από τη σύνθεση ακόμη πιο μικρών δομικών συστατικών της ύλης.

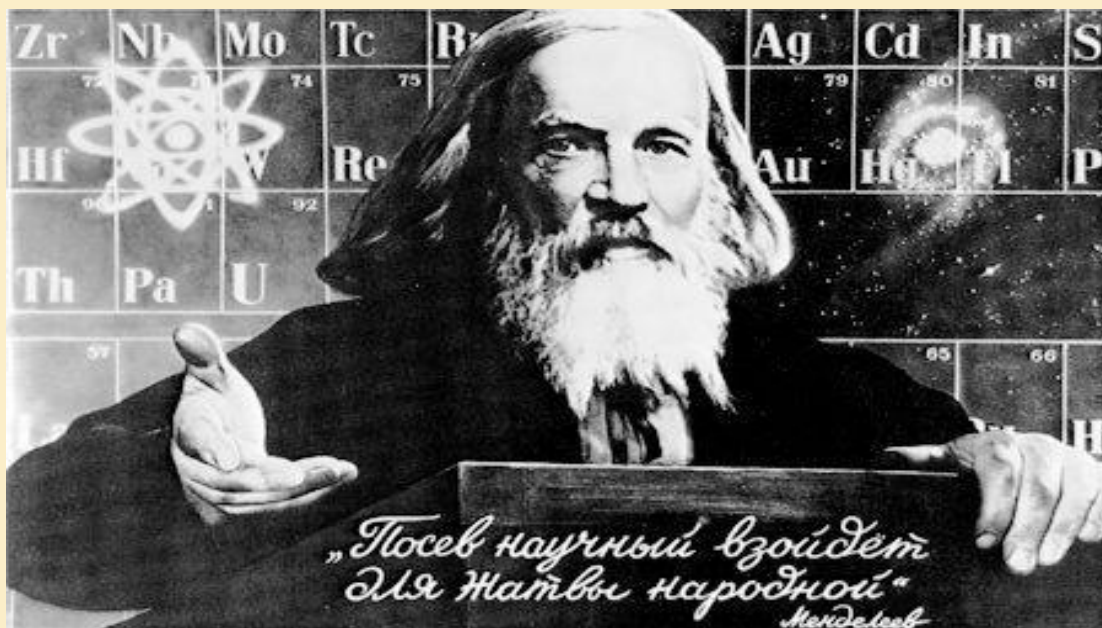
Ο Avogadro (1776 – 1856) ήταν Ιταλός φυσικός και χημικός, στον οποίο οφείλεται η θεωρία από την οποία διαμορφώθηκε ο νόμος του Αβογκάντρο, σύμφωνα με τον οποίο: ίσοι όγκοι οποιονδήποτε αερίων ή ατμών, όταν βρίσκονται κάτω από την ίδια πίεση και θερμοκρασία, περιέχουν τον ίδιο αριθμό μορίων.



Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΜΕΧΡΙ ΤΟ 1932 - ΜΕΝΤΕΛΕΓΙΕΦ

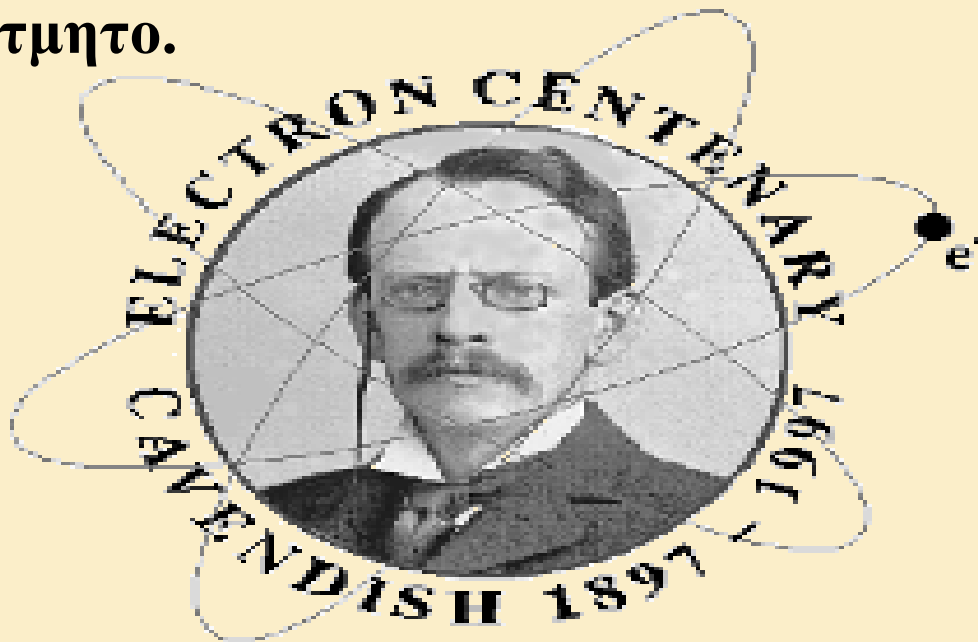
Το 1869 ο Μεντελέγιεφ παρουσιάζει το Περιοδικό Πίνακα των χημικών στοιχείων.

Ο Μεντελέγιεφ (1834 - 1907) ήταν Ρώσος χημικός και εφευρέτης. Πιστώνεται ως ο δημιουργός της πρώτης έκδοσης του περιοδικού πίνακα των χημικών στοιχείων. Με τη χρήση του πίνακα, προέβλεψε τις ιδιότητες των στοιχείων που θα ανακαλύπτονταν αργότερα.



Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΜΕΧΡΙ ΤΟ 1932 - Thomson

Κατά το τέλος του 19ου αιώνα (1894) ο Thomson (Βρετανός φυσικός ο οποίος ανακάλυψε το ηλεκτρόνιο και το ισότοπο και εφηύρε τον φασματογράφο μάζας. Νόμπελ Φυσικής το 1906) ανακάλυψε το ηλεκτρόνιο ως συστατικό του ατόμου και έδειξε ότι το άτομο έχει εσωτερική δομή και επομένως δεν είναι άτμητο.



ΤΑ «ΚΒΑΝΤΑ»ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ - Max Planck

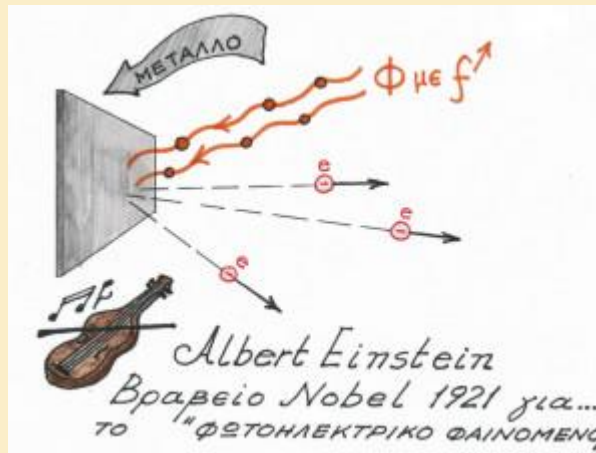
Το 1900 ο Γερμανός Μαξ Πλανκ (Γερμανός φυσικός κάτοχος Βραβείου Νόμπελ Φυσικής το 1918-θεωρείται ως ο πατέρας της Κβαντικής Θεωρίας.) υποθέτει ότι η ενέργεια εκπέμπεται ή απορροφάται σε «πακετάκια» που λέγονται κβάντα.

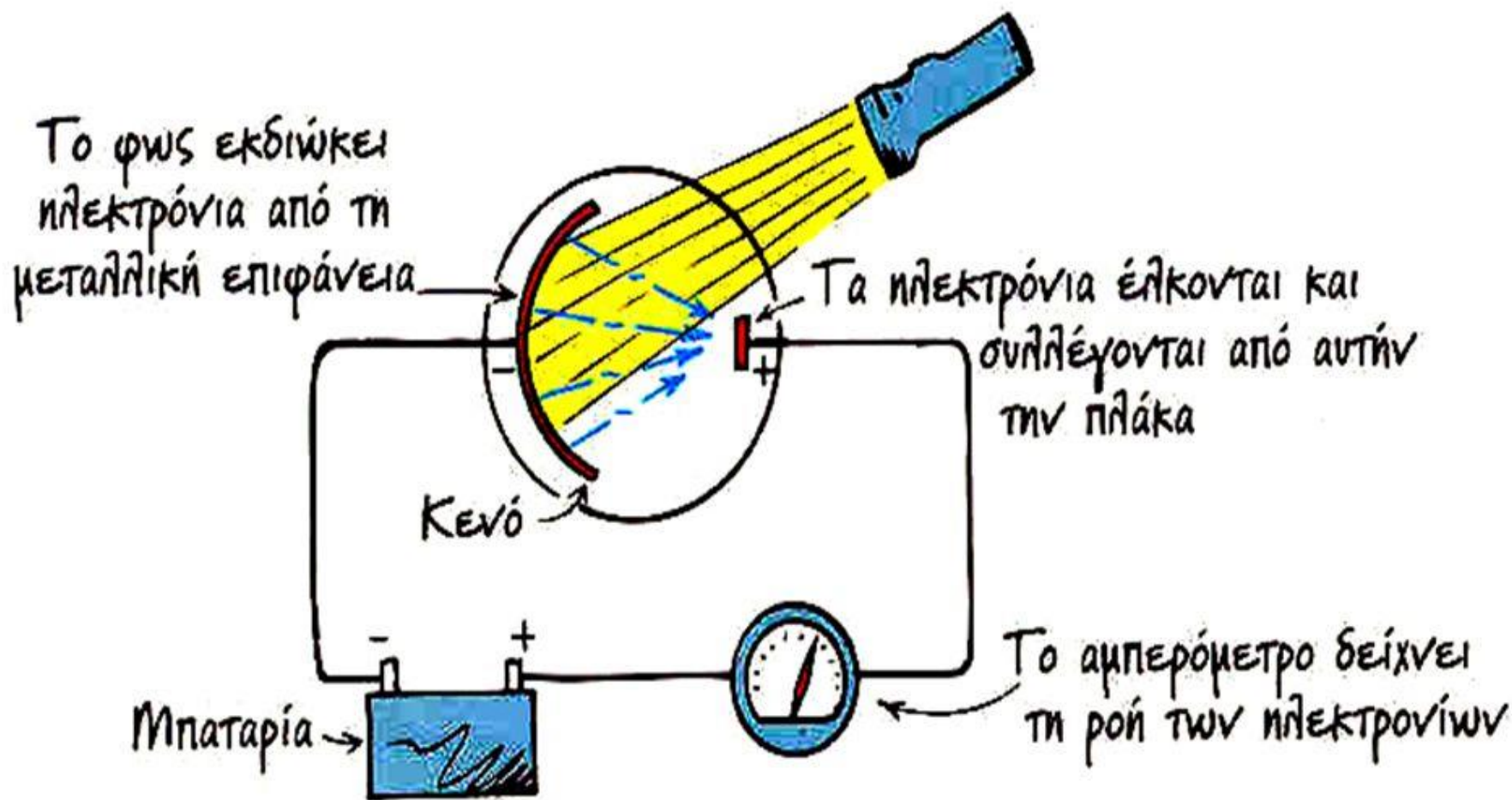


**Max Planck
(1858-1947)**

ΤΑ «ΦΩΤΟΝΙΑ» - Άλμπερτ Αϊνστάιν

Το 1905 ο Άλμπερτ Αϊνστάιν (φυσικός γερmano - εβραϊκής καταγωγής, Νόμπελ Φυσικής το 1921 για τη συμβολή του στη θεωρητική φυσική, και για την εξήγηση του «φωτοηλεκτρικού φαινομένου» με το οποίο επιβεβαιώθηκε η ύπαρξη των φωτονίων) κάνει την υπόθεση ότι το φως διαδίδεται στο χώρο σε συμπυκνωμένα πακέτα, τα οποία ονομάστηκαν φωτόνια. Το φωτόνιο είναι το κβάντο στην κβαντομηχανική και στη φυσική των στοιχειωδών σωματιδίων όταν αυτό αναφέρεται στο φως και γενικότερα στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (ενέργεια), ως φορέας των ηλεκτρομαγνητικών αλληλεπιδράσεων. Είναι μποζόνιο με σπιν 1, μάζα ηρεμίας και φορτίο 0.

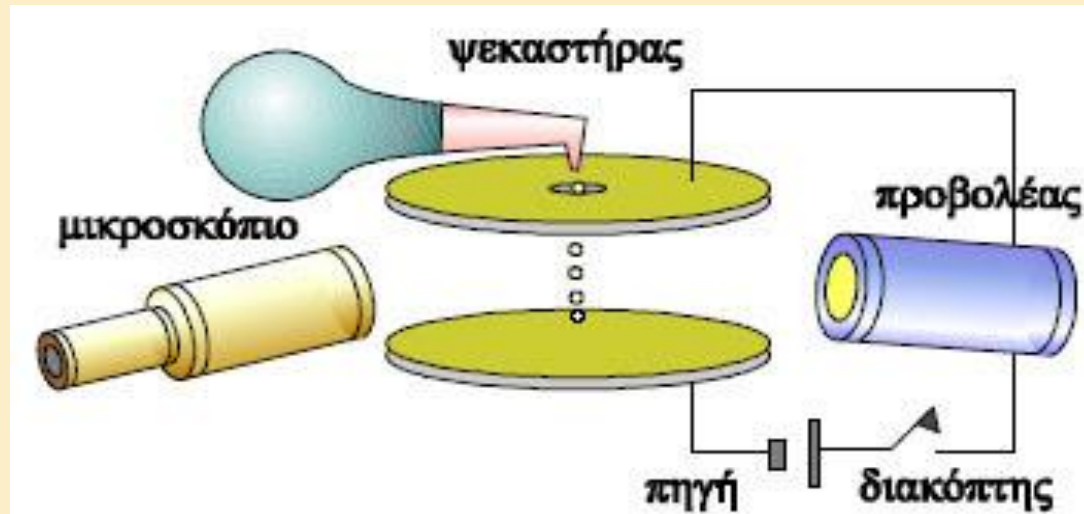




Η συσκευή φωτοηλεκτρικού φαινομένου που χρησιμοποιήσαμε για τη μελέτη του.

ΤΟ ΦΟΡΤΙΟ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΟΥ - Ρόμπερτ Α. Μίλικαν

Το 1909 ο Ρόμπερτ Α. Μίλικαν (Αμερικανός πειραματικός φυσικός, το 1923 του απονεμήθηκε το Νόμπελ Φυσικής για την εργασία του πάνω στο στοιχειώδες φορτίο του ηλεκτρικού ρεύματος και στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο.) κατάφερε να μετρήσει το φορτίο του ηλεκτρονίου και απέδειξε ότι είναι το μικρότερο φορτίο που υπάρχει ελεύθερο στη φύση. Το ηλεκτρικό φορτίο είναι μέγεθος κβαντισμένο.



Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΜΕΧΡΙ ΤΟ 1932 - Rutherford

Το 1911 ο Νεοζηλανδός φυσικός E. Rutherford προτείνει για το άτομο το πλανητικό μοντέλο, σύμφωνα με το οποίο το άτομο αποτελείται από τον πυρήνα, στον οποίο βρίσκεται σχεδόν ολόκληρη η μάζα και το θετικό φορτίο του ατόμου και τα ηλεκτρόνια, που περιφέρονται γύρω από τον πυρήνα, υπό την επίδραση της ηλεκτροστατικής έλξης. Ο Rutherford πιστώνεται γενικά και με την ανακάλυψη του πρωτονίου (1918).



We've got no money, so we've got to think.

(Ernest Rutherford)

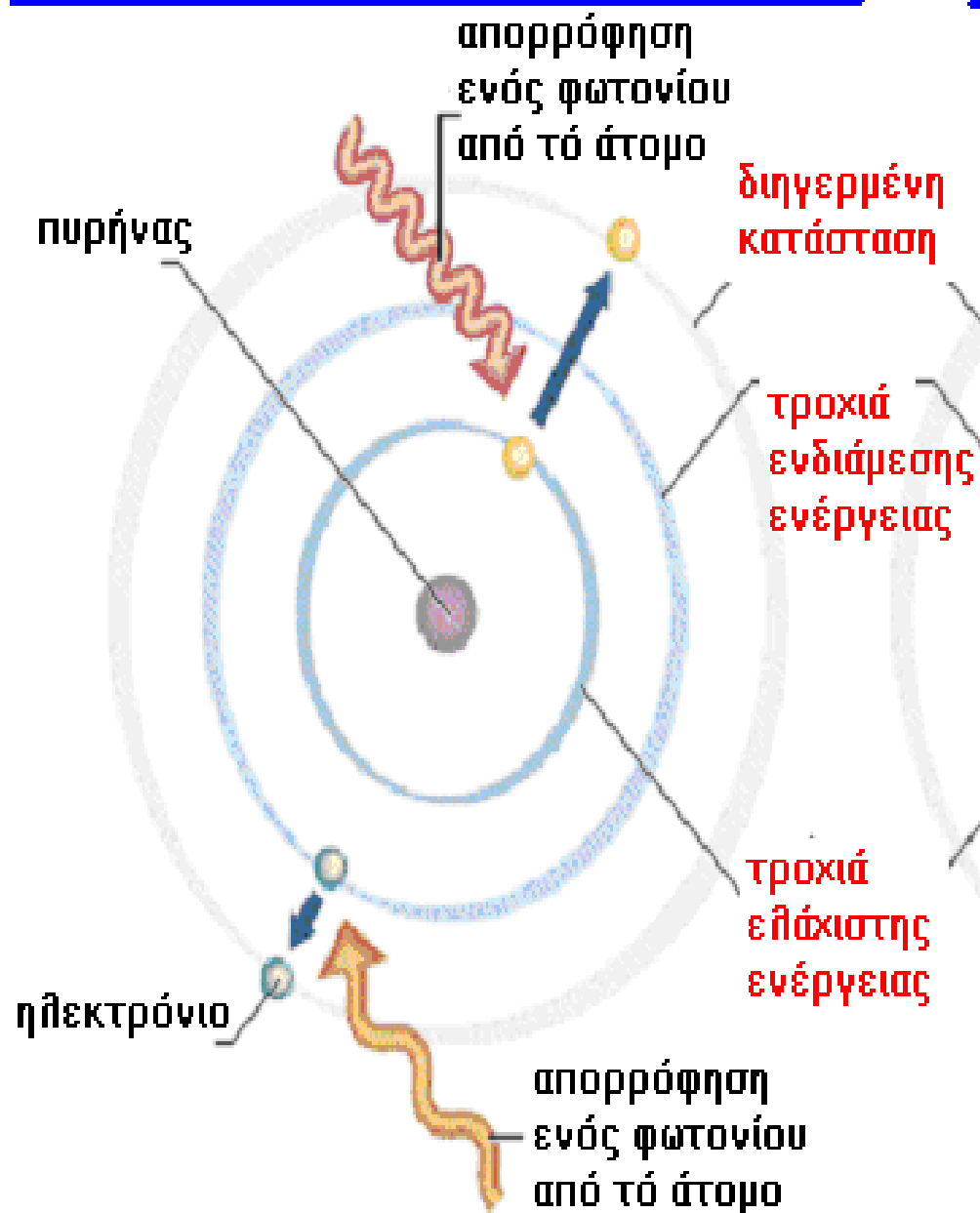
ΤΟ ΑΤΟΜΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΤΟΥ Νιλς Μπορ (Niels Bohr –Νόμπελ Φυσικής το 1922)

Ο Νιλς Μπορ ήταν Δανός φυσικός. Σπούδασε στο Πανεπιστήμιο της Κοπεγχάγης και είχε θεμελιώδεις συνεισφορές στην κατανόηση της ατομικής δομής και της κβαντικής μηχανικής. Ερμήνευσε όλες τις φασματικές γραμμές που εκπέμπει το υδρογόνο, και για τη θεωρητική του αυτή εργασία τιμήθηκε με το Βραβείο Νόμπελ Φυσικής το 1922.

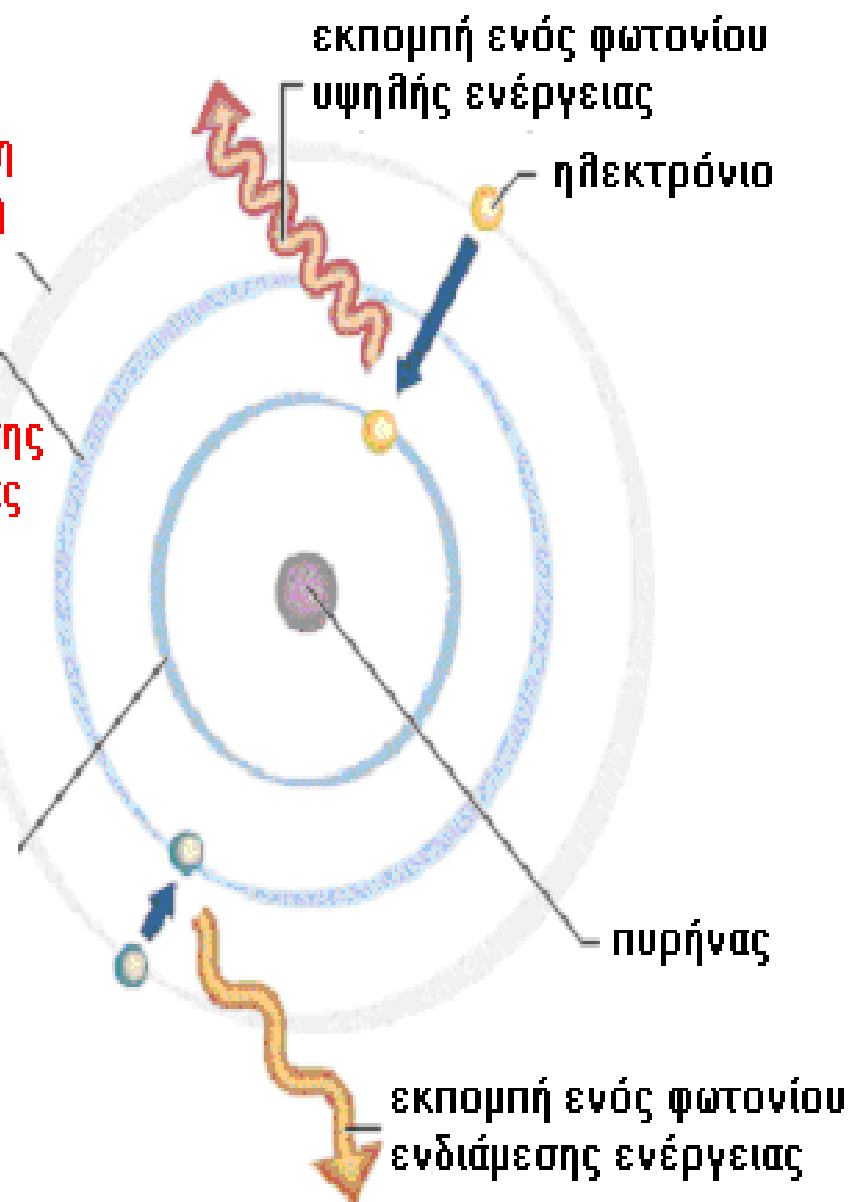
*Τα ηλεκτρόνια μπορούν να κινούνται γύρω από τον πυρήνα μόνο σε ορισμένες κυκλικές τροχιές στις οποίες η ενέργειά τους είναι κβαντισμένη. Οι τροχιές αυτές ονομάζονται επιτρεπτές τροχιές.

* Όταν το ηλεκτρόνιο βρίσκεται στις επιτρεπτές τροχιές δεν ακτινοβολεί και έτσι η ενέργεια του παραμένει σταθερή. Ένα ηλεκτρόνιο εκπέμπει ακτινοβολία μόνο κατά την μετάβασή του από μία επιτρεπτή τροχιά ψηλότερης ενέργειας σε μια επιτρεπτή τροχιά χαμηλότερης ενέργειας.

απορρόφηση ακτινοβολίας και διέγερση



αποδιέγερση και εκπομπή ακτινοβολίας



Louis de Broglie –Νόμπελ Φυσικής το 1929

Το 1923 ο Louis de Broglie (Λουί ντε Μπρέιγ) συνέβαλε αποφασιστικά στη γέννηση της επαναστατικής για την εποχή της, θεωρίας της κυματικής φύσης του ηλεκτρονίου επεκτείνοντας τη διττή φύση του φωτός και στην ύλη.

Βοήθησε μαζί με άλλους φυσικούς τη δημιουργία της Κυματικής Μηχανικής καθώς και στην ανάπτυξη της κβαντικής θεωρίας.

Βόλφγκανγκ Πάουλι –Νόμπελ Φυσικής το 1945

Στον Πάουλι οφείλεται η πρώτη υπόθεση ως προς την ύπαρξη του νετρίνου το 1931.

Το όνομα του Πάουλι συνδέεται επίσης με την διατύπωση της αρχής της απόκλισης (απαγορευτική αρχή) και η πρώτη διατύπωση της κβαντικής μηχανικής, στην οποία έλαβε υπόψη του το σπιν.

Ο ίδιος ο Pauli , ένας από τους πιο προικισμένους με οξυδέρκεια φυσικούς του 20ου αιώνα , είχε υποστηρίξει το « ΑΠΑΓΟΡΕΥΕΤΑΙ Η ΣΥΓΚΑΤΟΙΚΗΣΗ» . Δεν μπορούν δύο ηλεκτρόνια του ίδιου ατόμου να έχουν τους ίδιους κβαντικούς αριθμούς. Αυτό ισοδυναμεί με το ότι από τη στιγμή που μια συγκεκριμένη κβαντική κατάσταση είναι ΚΑΤΕΙΛΗΜΜΕΝΗ, τα υπόλοιπα ηλεκτρόνια πρέπει να «καθίσουν» κάπου αλλού.

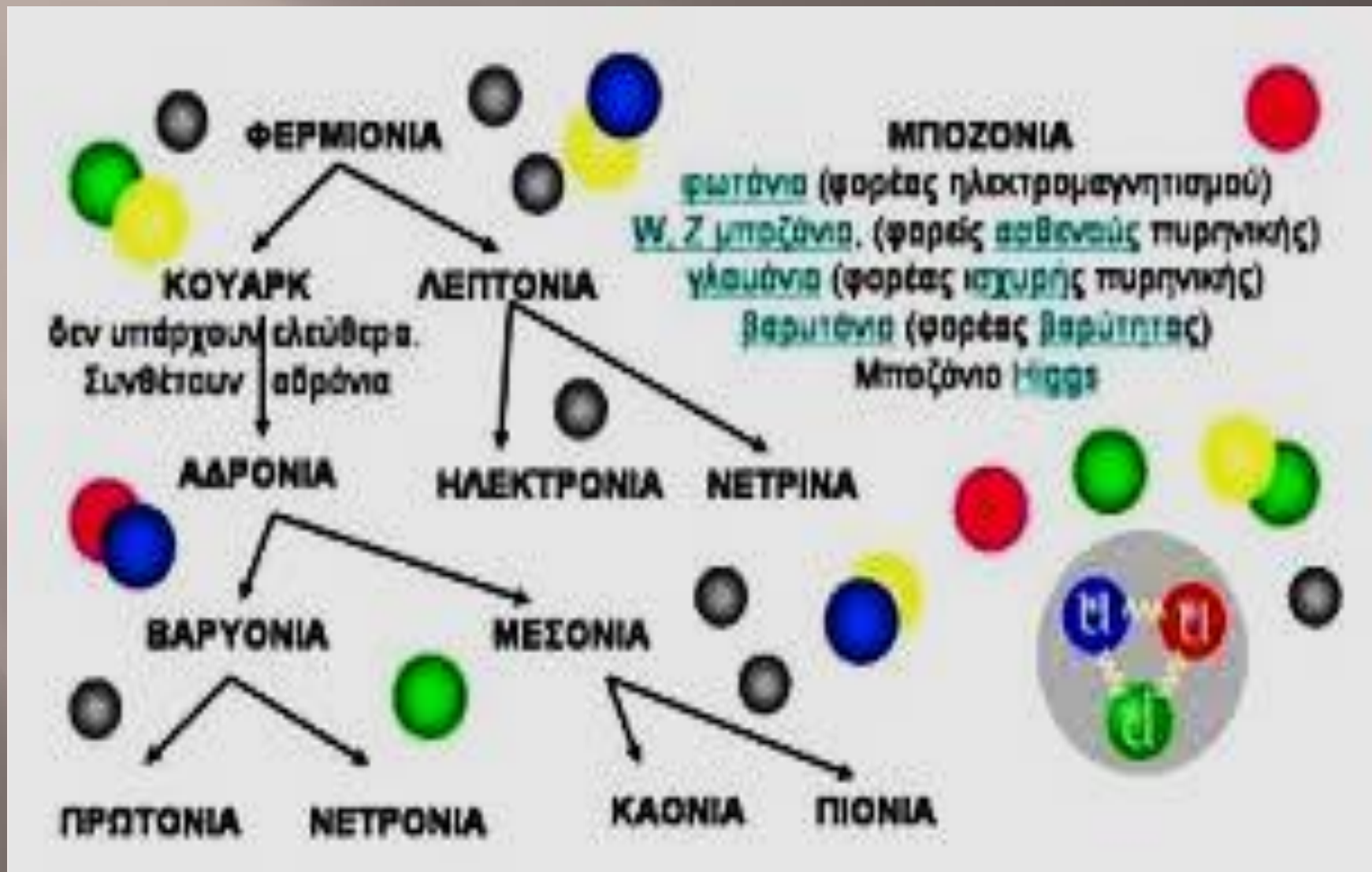
Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΜΕΧΡΙ ΤΟ 1932 - Τζέιμς Τσάτουικ

Το 1932, ο φυσικός Τζέιμς Τσάτουικ (Chadwick) στην Αγγλία πραγματοποίησε μια σειρά από πειράματα που είχαν ως αποτέλεσμα την ανακάλυψη του νετρονίου.

Τα νετρόνια ως ηλεκτρικώς ουδέτερα σωματίδια. Ο αριθμός των νετρονίων καθορίζει το ισότοπο ενός στοιχείου. Το νετρόνιο μπορεί να συμμετάσχει και στις τέσσερις θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις. Το νετρόνιο έχει μαγνητική ροπή και συνίσταται από ηλεκτρικά φορτισμένα κουάρκ.



ΤΟ ΚΑΘΙΕΡΩΜΕΝΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ



ΤΑ ΦΕΡΜΙΟΝΙΑ

Τα φερμιόνια είναι τα σωματίδια της ύλης, υπακούουν στην απαγορευτική αρχή, έχουν κλασματικό spin και έχουν μάζα. Παραδείγματα φερμιονίων είναι τα ηλεκτρόνια, πρωτόνια, νετρόνια, και quark.

Όλα τα στοιχειώδη σωματίδια – τα 6 λεπτόνια και τα 6 κουάρκ – ανήκουν στην οικογένεια των ΦΕΡΜΙΟΝΙΩΝ

Το πρωτόνιο, λόγω χάρη, είναι φερμιόνιο, όπως και το νετρόνιο. Τρία φερμιόνια δημιουργούν την ύλη: Τα ηλεκτρόνια και τα κουάρκ up και down.

ΤΑ ΜΠΟΖΟΝΙΑ

Τα ΜΠΟΖΟΝΙΑ – λέξη δημιουργημένη από το όνομα του Ινδού φυσικού S.N. Bose (Μποζέ) είναι τα σωματίδια που δεν υπακούουν στην απαγορευτική αρχή, είναι φορείς των τεσσάρων θεμελιωδών αλληλεπιδράσεων, κι έχουν ακέραιο spin.

Παραδείγματα μποζονίων είναι τα W και Z μποζόνια. Είναι τα στοιχειώδη σωματίδια που μεταδίδουν την ασθενή αλληλεπίδραση.

Το πρότυπο για την έννοια ΜΠΟΖΟΝΙΟ υπήρξε το ΦΩΤΟΝΙΟ. Όλα τα σωματίδια μεσολαβητές –φορείς - των τεσσάρων αλληλεπιδράσεων είναι ΜΠΟΖΟΝΙΑ.

Ένα παράδειγμα μποζονίου με μηδενικό spin είναι το σωματίδιο HIGGS, το οποίο προβλέπεται από το Standard Model.

Η ΕΙΣΗΓΗΣΗ ΤΩΝ QUARKS

Το 1964, δύο φυσικοί οι Murray Gell-Mann (Μάρει Γκελ-Μαν) και George Zweig (Τζορτζ Τσβάιχ) είχαν την ιδέα ότι τα πρωτόνια, τα νετρόνια και όλα αυτά τα καινούρια σωματίδια θα μπορούσαν να εξηγηθούν από μια ομάδα ακόμη μικρότερων αντικειμένων που ο Gell-Mann ονόμασε κουάρκ.

Μπόρεσαν να εξηγήσουν όλα τα βαρυόνια και τα μεσόνια που είχαν παρατηρηθεί με τρία είδη κουάρκ.

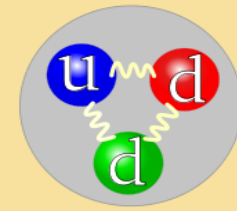
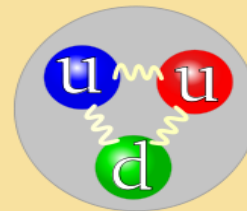
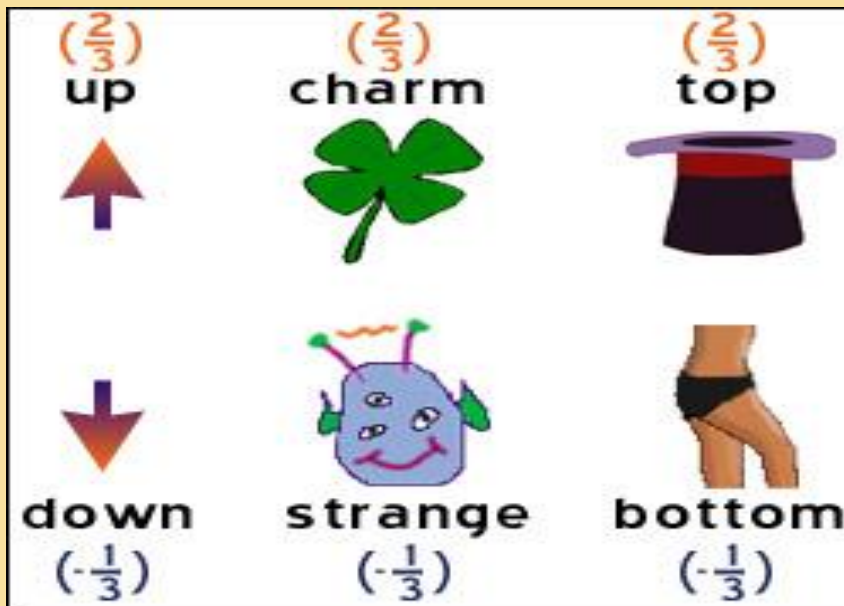
Τα κουάρκ (quarks) θεωρούνται σήμερα βασικοί τύποι των στοιχειωδών σωματιδίων της ύλης από τα οποία αποτελούνται τα βαρυόνια και τα μεσόνια.

Η ΕΙΣΗΓΗΣΗ ΤΩΝ QUARKS

Τα quarks συνθέτουν αδρόνια. Μαζί με τα γκλουόνια, θεωρούνται τα μόνα στοιχειώδη σωματίδια που μπορούν και αλληλεπιδρούν ισχυρά.

ΠΡΩΤΟΝΙΟ

ΝΕΤΡΟΝΙΟ



ΤΑ ΑΔΡΟΝΙΑ

Τα quarks συνθέτουν αδρόνια. Τα αδρόνια ονομάστηκαν έτσι από την λέξη αδρός (=δυνατός). Είναι σύνθετα υποατομικά σωμάτια τα οποία αποτελούνται από κουάρκς και χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- βαρυόνια (baryons): αποτελούνται από 3 κουάρκς (π.χ. το πρωτόνιο αποτελείται από 2 up και 1 down, ενώ το νετρόνιο από 2 down και 1 up,)
- μεσόνια (mesons): αποτελούνται από ζεύγος ενός κουάρκ (quark) κι ενός αντικουάρκ (antiquark) {(π.χ. το πιόνιο αποτελείται από 1 up και ένα αντι-up }.

Τα μεσόνια είναι μποζόνια.

Τα μεσόνια διακρίνονται σε καόνια και πιόνια.

ΤΑ ΚΑΘΟΝΙΑ

Τα καθόνια, που ονομάζονται και K μεσόνια, είναι σύνθετα σωματίδια που αποτελούνται από ομάδες τεσσάρων ζευγαριών κουάρκ με αντικουάρκ, δέσμιων μεταξύ τους.

Αποτελούν μια πολύ σημαντική πηγή πληροφοριών για τους φυσικούς, ενώ η μελέτη τους βοήθησε ουσιαστικά στη διατύπωση των θεμελιωδών αλληλεπιδράσεων της φύσης.

Το πιο ενδιαφέρον ίσως χαρακτηριστικό τους, είναι πως συμμετέχουν σε μία παραβίαση της συμμετρίας CP (Charge Parity violation).

ΤΑ ΠΙΟΝΙΑ

Το 1947 ο Powell (Πάουελ) ανακαλύπτει το πιόνιο. Πιόνιο είναι οποιοδήποτε από τα εξής τρία υποατομικά σωματίδια: π^0 , π^+ και π^- . Τα πιόνια είναι τα ελαφρύτερα μεσόνια και παίζουν ένα σημαντικό ρόλο στην εξήγηση των χαμηλής ενέργειας ιδιοτήτων της ισχυρής πυρηνικής δύναμης.

Η δομή των κουάρκ ενός φορτισμένου πιονίου (π^+):



ΤΑ ΛΕΠΤΟΝΙΑ: Ηλεκτρόνιο-μiónιο-ταυ

Αντίθετα με τα κουάρκ, το καθένα από τα έξι λεπτόνια μπορεί να βρεθεί μόνο του.

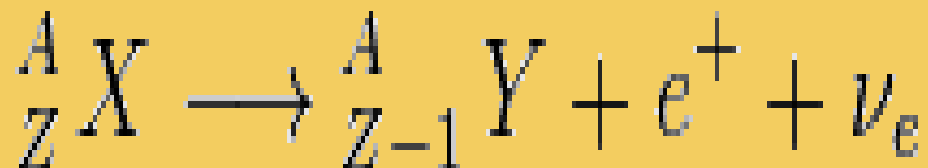
Το **ηλεκτρόνιο** είναι το πιο γνωστό από τα λεπτόνια.

Δύο ακόμη φορτισμένα λεπτόνια, το **μiónιο** (Ανακαλύφθηκε το 1936) είναι στοιχειώδες σωματίδιο παρόμοιο με το ηλεκτρόνιο, με αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο και spin $1/2$) και το **ταυ** (ανακαλύφθηκε το 1975) διαφέρουν από το ηλεκτρόνιο μόνο στο ότι έχουν μεγαλύτερη μάζα.

ΤΑ ΝΕΤΡΙΝΑ

Τα άλλα τρία λεπτόνια είναι πιο δυσκολοθώρητα και ονομάζονται **νετρίνο**, δεν έχουν ηλεκτρικό φορτίο και πάρα πολύ μικρή, αν όχι μηδέν, μάζα. Υπάρχει ένα είδος νετρίνο που αντιστοιχεί σε κάθε είδος φορτισμένου λεπτονίου. Για κάθε ένα από τα έξι λεπτόνια υπάρχει ένα αντιλεπτόνιο που έχει ίση μάζα και αντίθετο φορτίο.

Το νετρίνο είναι ένα αφόρτιστο και πολύ ελαφρύ σωματίδιο, του οποίου η ύπαρξη προτάθηκε από τον αυστριακό φυσικό Βόλφγκανγκ Πάουλι, ώστε να ισχύει η αρχή διατήρησης της ορμής και της ενέργειας στην ραδιενεργή εκπομπή ηλεκτρονίων από τον ατομικό πυρήνα, τη λεγόμενη β διάσπαση:



ΤΑ ΝΕΤΡΙΝΑ – β ΔΙΑΣΠΑΣΗ

Διάσπαση με εκπομπή σωματιδίων β

- Εκπέμπεται ένα σωματίδιο β^- (ηλεκτρόνιο)
 - Ο ατομικός αριθμός (Z) αυξάνεται κατά 1
 - Ο μαζικός αριθμός (A) παραμένει ίδιος

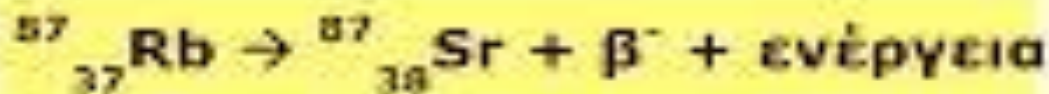
Αρχικός μητρικός πυρήνας



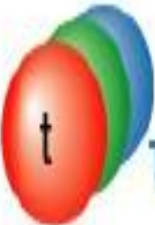
Θυγατρικός πυρήνας



$Z = +1$
 $A = \text{ίδιος}$

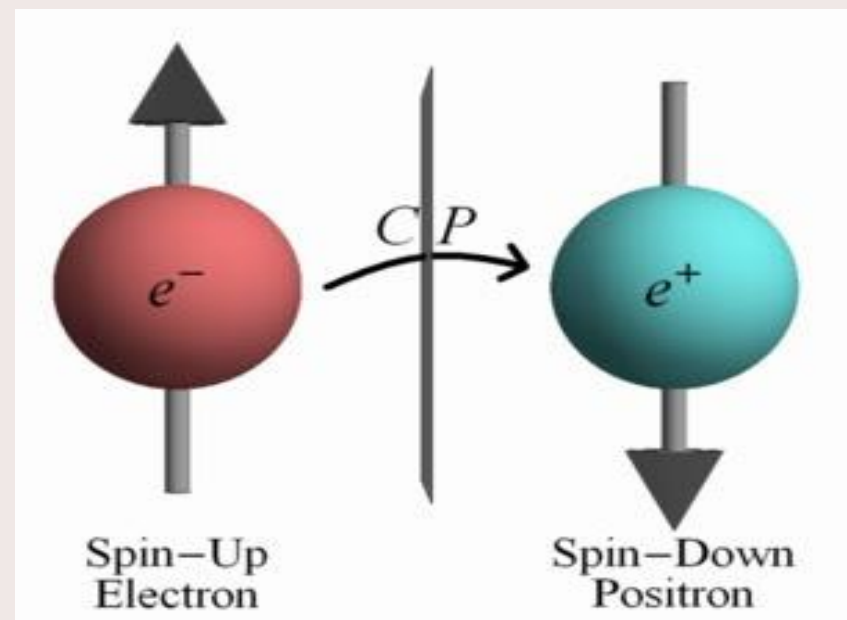
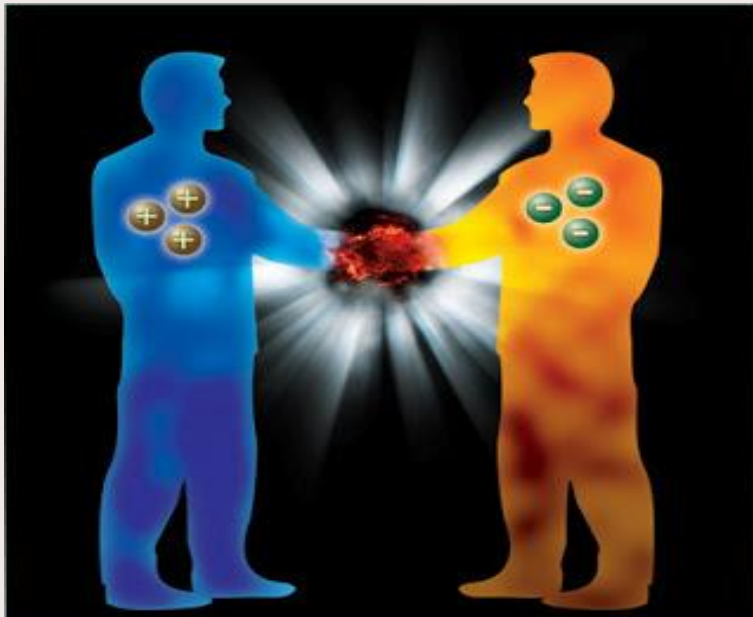


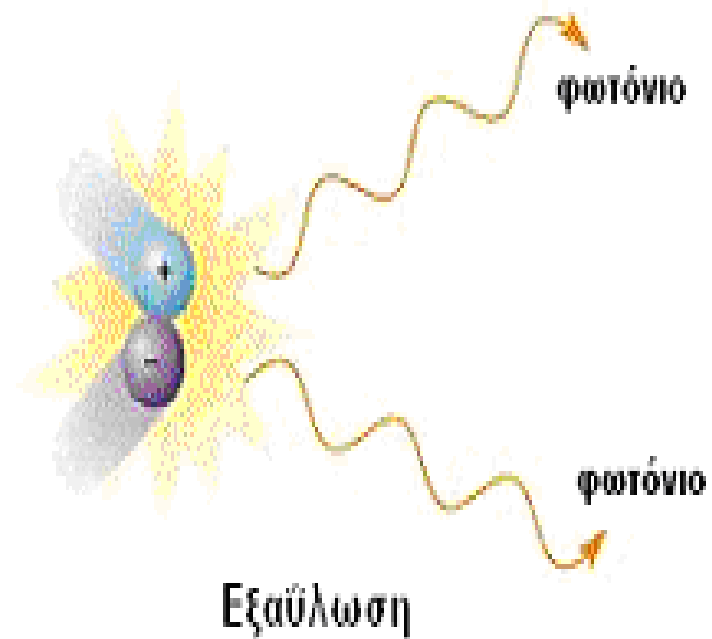
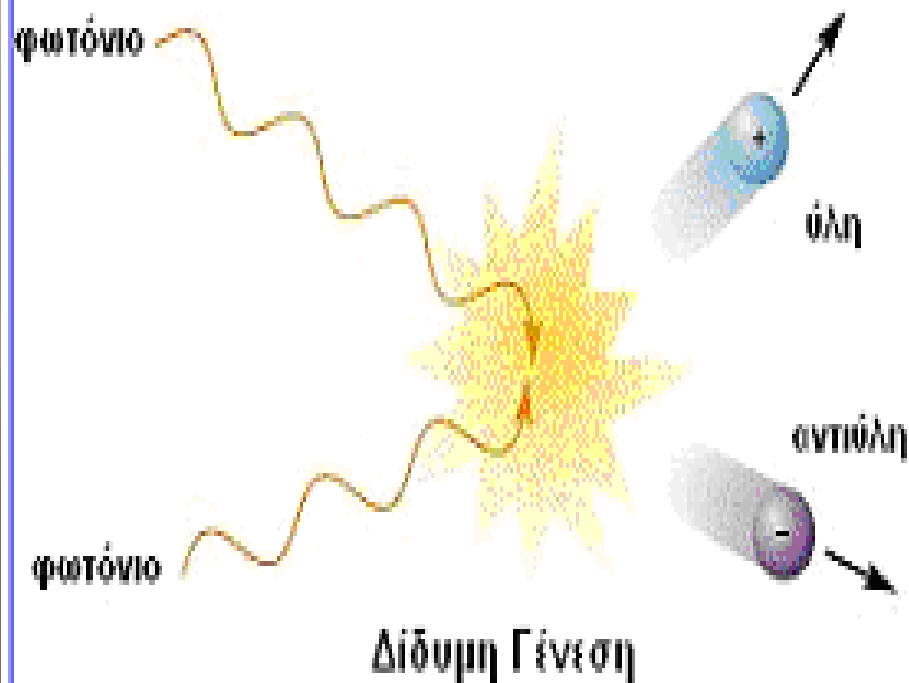
ΠΙΝΑΚΑΣ ΛΕΠΤΟΝΙΩΝ-ΚΟΥΑΡΚ

	Κουάρκ		Λεπτόνια	
3 ^η Γενιά	 t Top	 b Bottom	 τ Tau	 ν_τ Tau-neutrino
2 ^η Γενιά	 c Charm	 s Strange	 μ Muon	 ν_μ Muon-neutrino
1 ^η Γενιά	 u Up	 d Down	 e Electron	 ν_e Electron-neutrino

Η ΑΝΤΙΥΛΗ

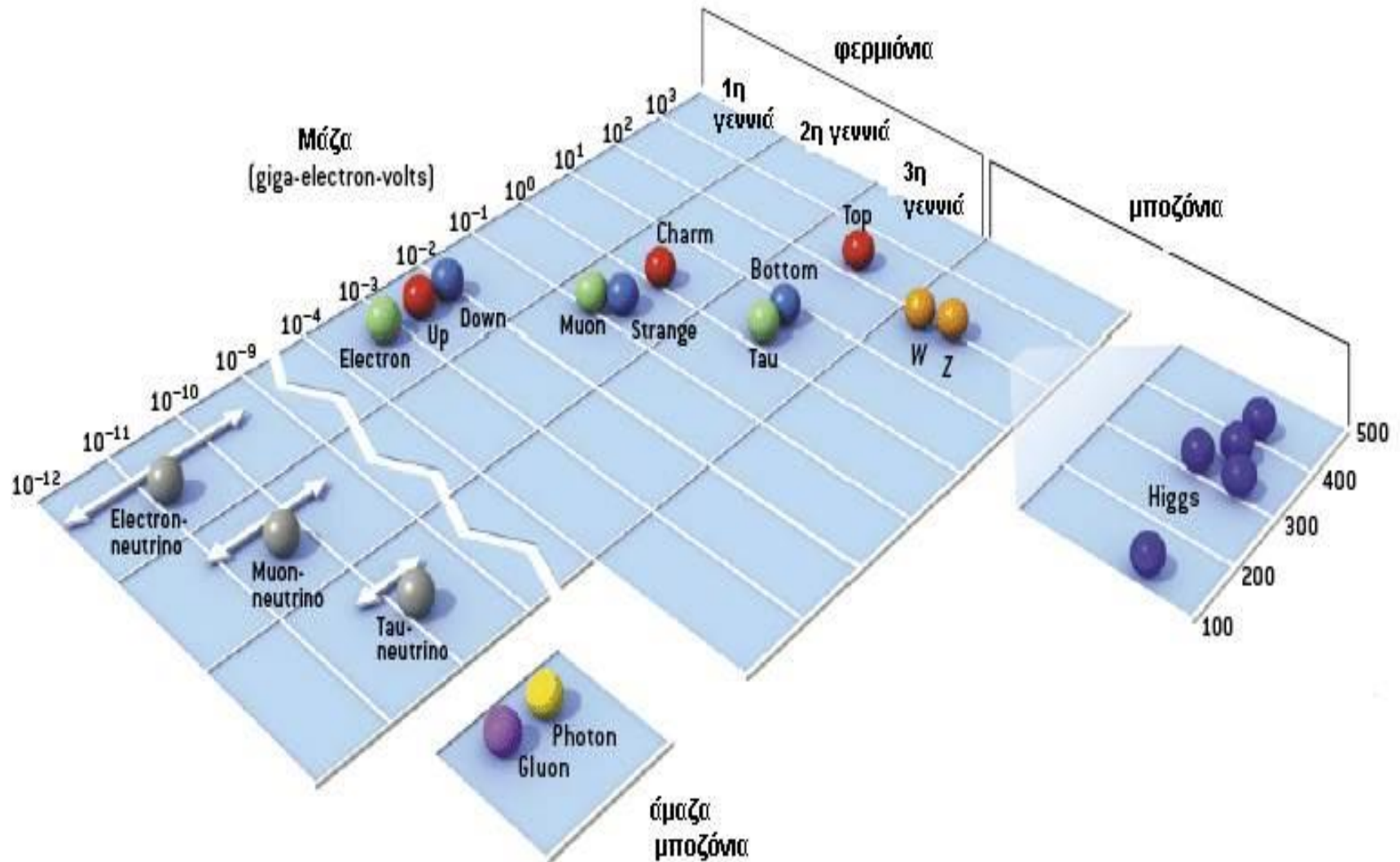
Η αντιύλη είναι η μορφή της ύλης που αποτελείται από τα αντισωματίδια των σωματιδίων που συγκροτούν τη συνήθη ύλη. Για παράδειγμα, ένα άτομο αντι-υδρογόνου αποτελείται από ένα αρνητικά φορτισμένο αντιπρωτόνιο, γύρω από το οποίο περιστρέφεται ένα θετικά φορτισμένο ποζιτρόνιο. Αν ένα σωματίδιο και ένα αντισωματίδιο έρθουν σε επαφή, και τα δύο καταστρέφονται και παράγεται ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.





ΟΙ ΜΑΖΕΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ

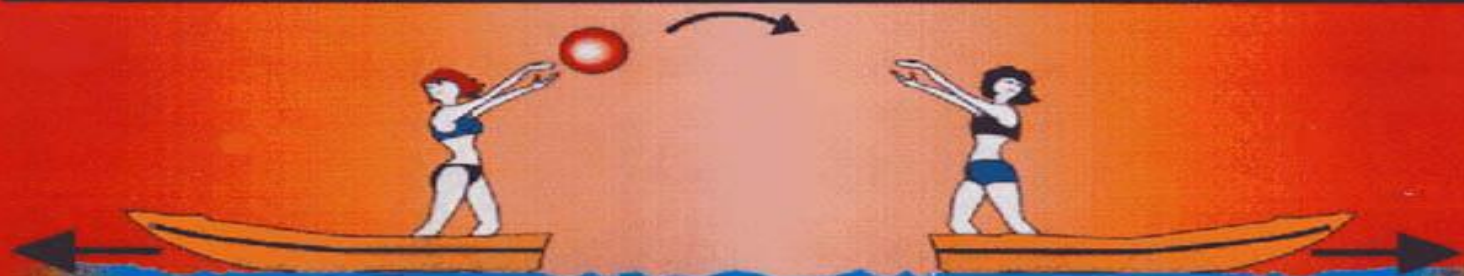
$1u=1,66055 \times 10^{-27} \text{ Kg}$, $1u=931,48 \text{ Mev}$, $1\text{Gev} = 1,7827 \times 10^{-27} \text{ Kg}$



ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΚΑΙ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ

Δίνουμε αυθαίρετα στην Ισχυρή Πυρηνική Αλληλεπίδραση ισχύ 1. Η Ηλεκτρομαγνητική είναι περίπου 100 (για πιο ακρίβεια 137) φορές μικρότερη, ενώ η Ασθενής Πυρηνική Δύναμη είναι 100 000 φορές πιο ασθενής από τη Ισχυρή. Για τη Βαρυτική Αλληλεπίδραση, πραγματικά η ισχύς της είναι τραγικά μικρή: είναι 10^{38} φορές πιο ασθενής από την Ισχυρή.

ΟΙ ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΤΗΣ ΦΥΣΗΣ			
ΕΙΔΟΣ	ΣΧΕΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ	ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ ΣΩΜΑΤΙΔΙΟ (ΚΒΑΝΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ)	ΠΑΡΟΥΣΙΑ
ΙΣΧΥΡΗ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ	~ 1	8 ΓΚΛΟΥΟΝΙΑ (ΑΜΑΖΑ)	ΑΤΟΜΙΚΟΥΣ ΠΥΡΗΝΕΣ
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ	$\sim 10^{-3}$	ΦΩΤΟΝΙΟ (ΑΜΑΖΟ)	ΑΤΟΜΙΚΕΣ ΣΤΙΒΑΔΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ
ΑΣΘΕΝΗΣ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ	$\sim 10^{-5}$	ΜΠΟΖΟΝΙΑ Z, W^+, W^- (ΒΑΡΙΑ)	ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΟ ΔΙΑΣΠΑΣΗ Β
ΒΑΡΥΤΗΤΑ	$\sim 10^{-38}$	ΓΚΡΑΒΙΤΟΝΙΑ (;)	ΟΥΡΑΝΙΑ ΣΩΜΑΤΑ



Η ΑΝΤΑΛΛΑΓΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΕΙΝΑΙ ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΓΙΑ ΤΗ ΔΥΝΑΜΗ

CERN

ΒΑΡΥΤΗΤΑ

Η **βαρύτητα** είναι η αλληλεπίδραση με την οποία είμαστε πιο εξοικειωμένοι, αλλά δεν συμπεριλαμβάνεται στο Καθιερωμένο Πρότυπο επειδή η επίδραση της στις σωματιδιακές αλληλεπιδράσεις είναι αμελητέα. Επιπλέον, οι φυσικοί δεν έχουν ακόμη βρει τον τρόπο που θα τους επιτρέψει να την συμπεριλάβουν στο Καθιερωμένο Πρότυπο.



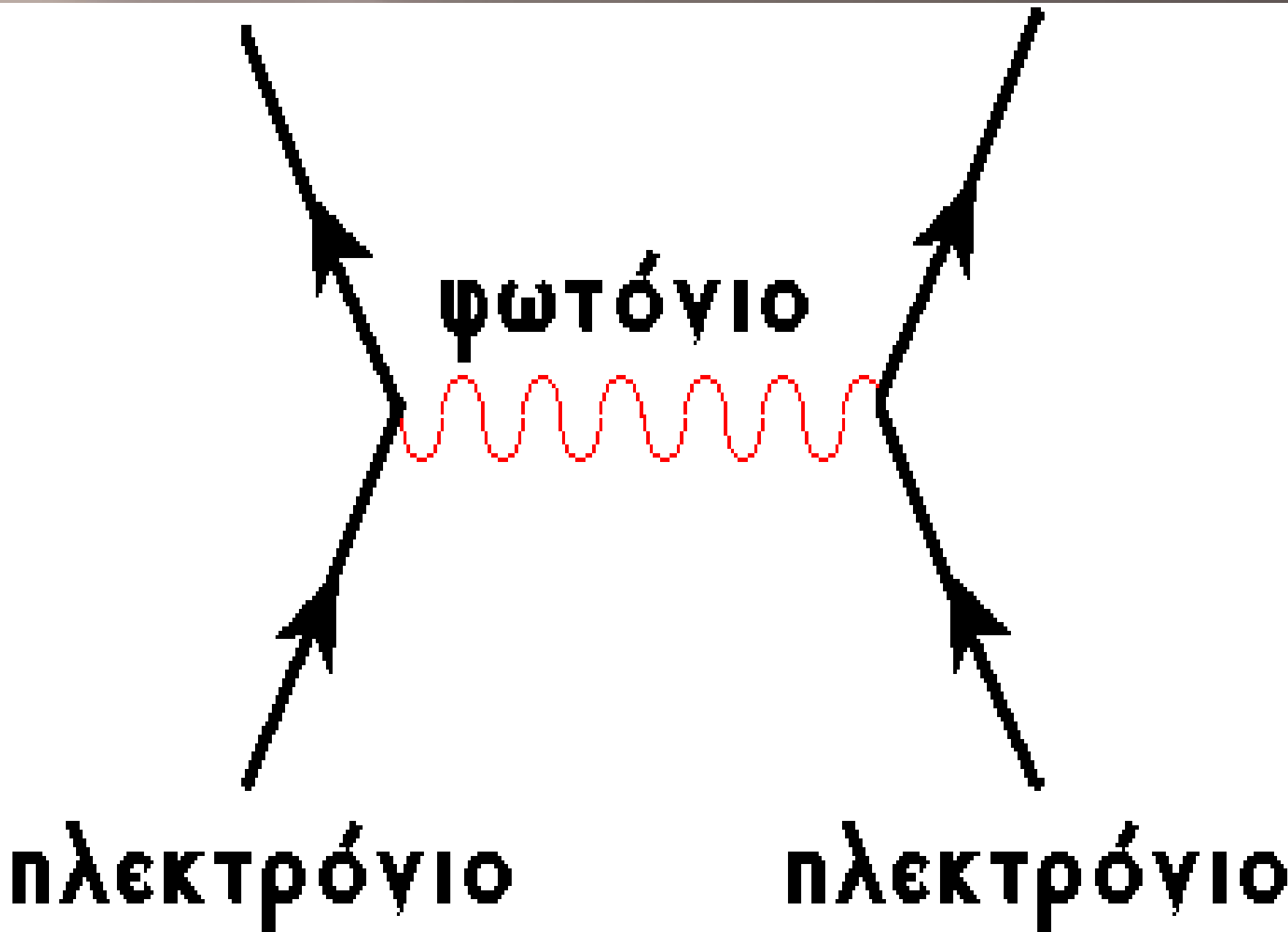
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ

Οι ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις κρατούν τα ηλεκτρόνια συνδεδεμένα με τους πυρήνες και σχηματίζουν τα ηλεκτρικά ουδέτερα άτομα. Τα άτομα ενώνονται και σχηματίζουν μόρια ή κρυστάλλους λόγω των ηλεκτρομαγνητικών δυνάμεων.

Οι περισσότερες από τις δυνάμεις που συναντάμε στην καθημερινή μας ζωή οφείλονται στις ηλεκτρομαγνητικές αλληλεπιδράσεις, όπως για παράδειγμα η **τριβή** που οφείλεται στην αντίσταση των ατόμων ή των ηλεκτρονίων να μετακινηθούν από την θέση ισορροπίας τους μέσα στο υλικό.

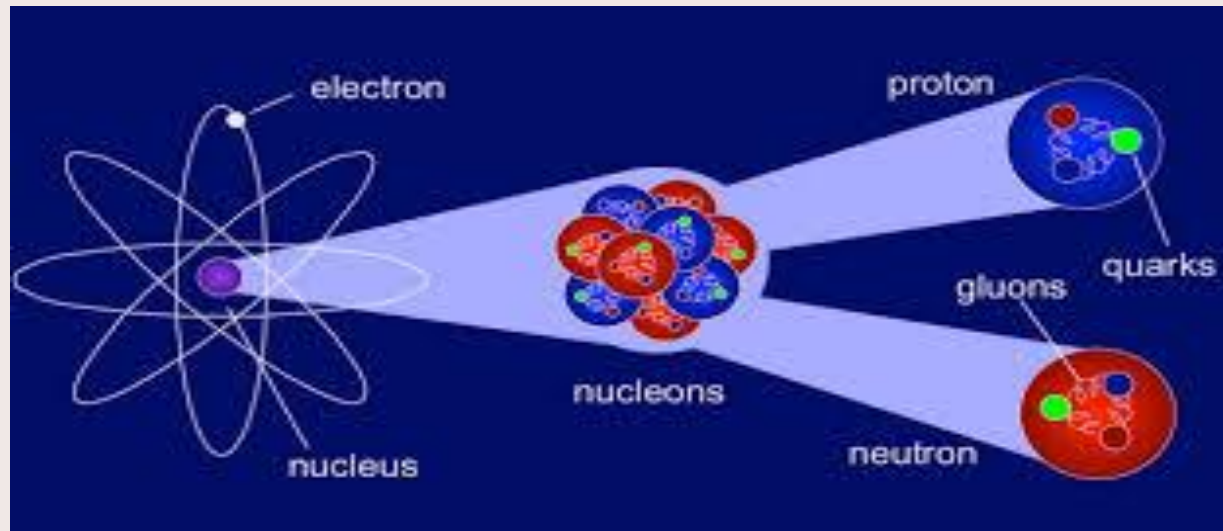
Στα σωματιδιακά φαινόμενα οι δυνάμεις περιγράφονται με την ανταλλαγή των σωματιδίων φορέων των δυνάμεων. Το σωματίδιο φορέας της ηλεκτρομαγνητικής δύναμης είναι το **φωτόνιο**.

Όλα τα χημικά φαινόμενα οφείλονται στα φωτόνια!!



ΙΣΧΥΡΗ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ

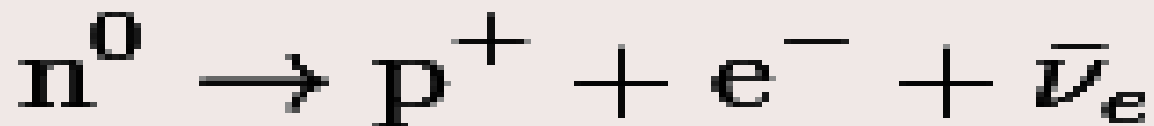
Η **ισχυρή δύναμη** συνδέει τα κουάρκ για την δημιουργία των αδρονίων. Τα σωματίδια φορείς της ισχυρής δύναμης που ονομάζονται **γκλουόνια**. Η δέσμευση των πρωτονίων και των νετρονίων για τον σχηματισμό του πυρήνα είναι αποτέλεσμα της ισχυρής αλληλεπίδρασης επειδή τα πρωτόνια και τα νετρόνια περιέχουν τα κουάρκ και τα γκλουόνια που αλληλεπιδρούν μέσω της ισχυρής δύναμης.



ΑΣΘΕΝΗΣ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ

Το φαινόμενο κατά το οποίο ένα κουάρκ μπορεί να μετατραπεί σε ένα άλλο κουάρκ ή ένα λεπτόνιο σε ένα άλλο λεπτόνιο είναι το μόνο που οφείλεται στις **ασθενείς αλληλεπιδράσεις**. Είναι υπεύθυνες για το γεγονός ότι τα βαρύτερα κουάρκ και λεπτόνια παράγουν ελαφρύτερα κουάρκ και λεπτόνια. Τα σωματίδια φορείς των ασθενών αλληλεπιδράσεων είναι **τα μποζόνια W και Z**

Η παρακάτω αντίδραση γίνεται με ασθενή αλληλεπίδραση. Σε επίπεδο quarks έχει να κάνει με την μετατροπή του ενός down quark του νετρονίου σε up με την εκπομπή ενός δυνητικού μποζονίου W-



Ο Περιοδικός Πίνακας των Στοιχειωδών Σωματιδίων

Υ g

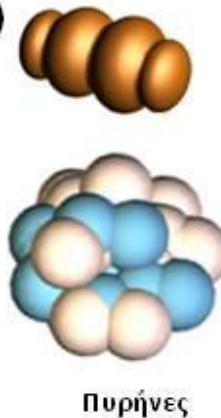
Λεπτόνια

Ηλεκτρικό Φορτίο

Ταυ		-1	0		Ταυ Νευτρίνο
Μιόνιο		-1	0		Νευτρίνο Μιονίου
Ηλεκτρόνιο		-1	0		Νευτρίνο Ηλεκτρονίου

Ισχυρή

Γκλουόνια (8)

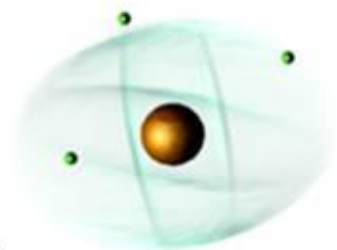


Ηλεκτρομαγνητική

Φωτόνιο



Άτομα
Φως
Χημεία
Ηλεκτρονικά



Κουάρκς

Ηλεκτρικό Φορτίο

Bottom		-1/3	2/3		Top
Strange		-1/3	2/3		Charm
Down		-1/3	2/3		Up

κάθε κουάρκ: R, B, G 3 χρώματα

Βαρυτική

Βαρυτόνιο ?

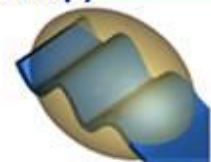


Ηλιακό σύστημα
Γαλαξίες
Μαύρες τρύπες

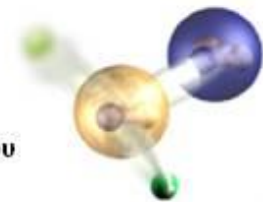


Ασθενής

Μποζόνια
(W,Z)



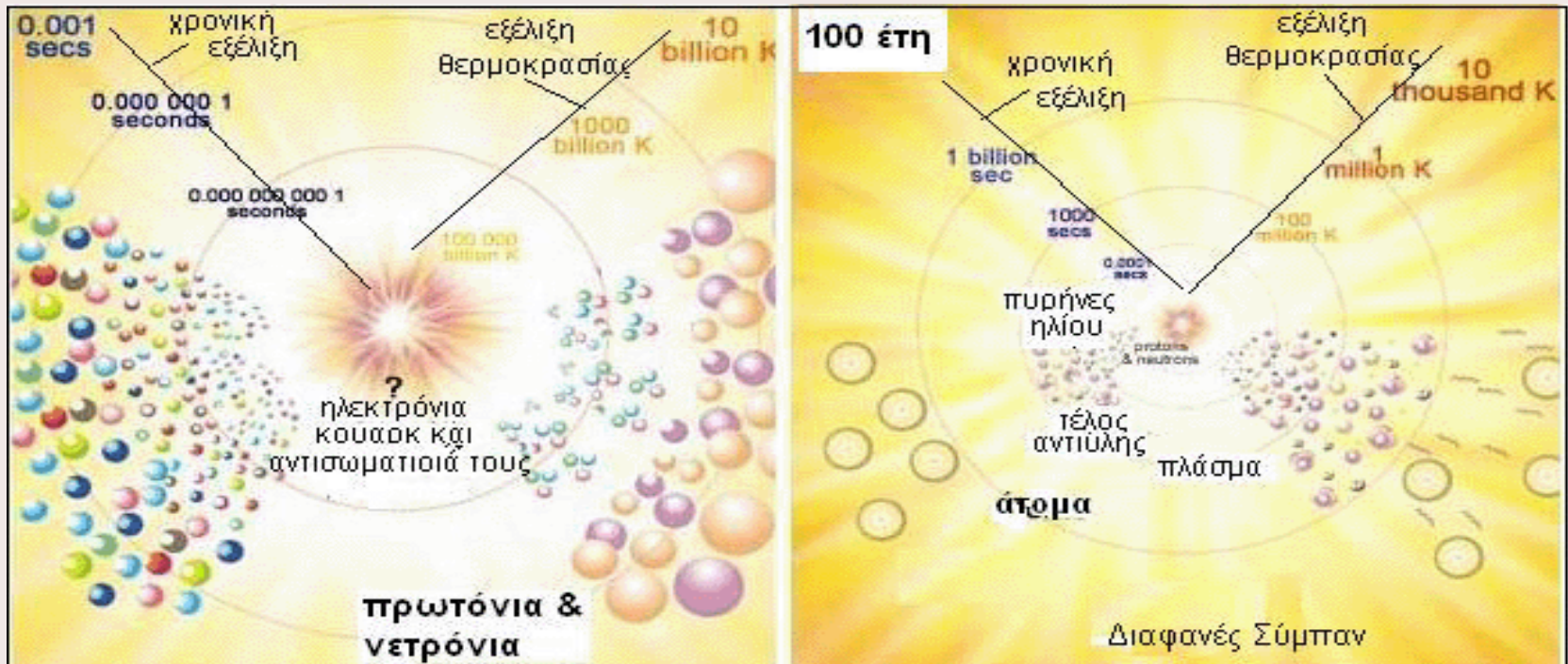
Διάσπαση νευτρίνιου
Βήτα διάσπαση
Αλλ/σεις νευτρίνων
Πυρηνική ενέργεια Ήλιου



Η ΔΟΜΙΚΗ ΥΛΗ ΤΟΥ ΣΥΜΠΑΝΤΟΣ

Όλη η ύλη στο σύμπαν αποτελείται από $2 \times 12 = 24$ δομικούς λίθους. Έξι τύπους κουάρκ και έξι τύπους λεπτονίων. Όλα δε διαθέτουν από ένα αντισωματίδιο.

Εκτός από τα σωματίδια ύλης υπάρχουν και τα σωματίδια ισχύος, τα μποζόνια. Αυτά μεταφέρουν τις τέσσερις φυσικές δυνάμεις, δηλαδή την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια, την ισχυρή και ασθενή πυρηνική ενέργεια και τη βαρυτική ενέργεια.



Από την στιγμή της Μεγάλης Έκρηξης (χρόνος μηδέν) έως 100 έτη μετά. Η θερμοκρασία πέφτει, ενώ η ύλη αρχίζει να παράγεται από την αρχική ουσία (;) με τη μορφή κουάρκ και ηλεκτρονίων στην αρχή, πρωτονίων, νετρονίων, ατόμων στην συνέχεια για να ακολουθήσει η σύνθεση βαρύτερων στοιχείων, μορίων, ενώσεων ...

Στοιχειώδη σωματρία – φορείς αλληλεπίδρασης

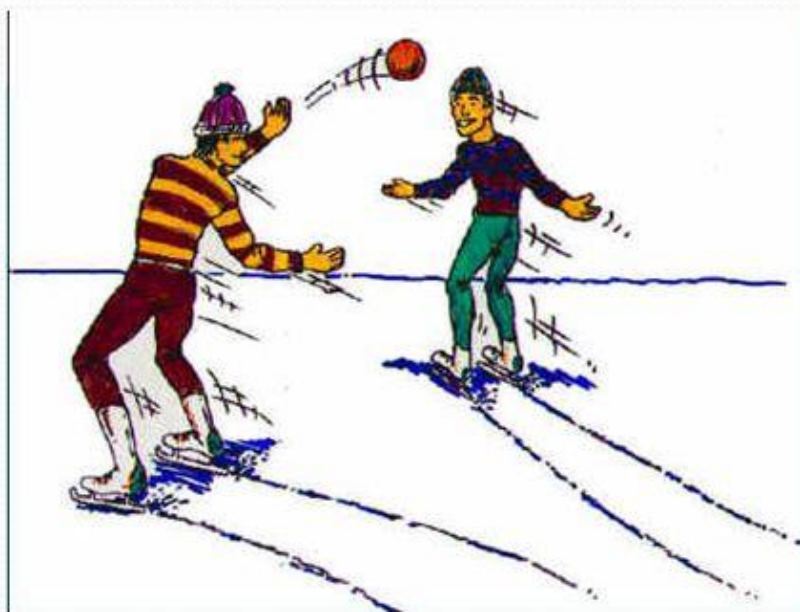
ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ

Λεπτόνια Κουάρκ	u up	c charm	t top	γ photon
	d down	s strange	b bottom	g gluon
	ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino	Z Z boson
	e electron	μ muon	τ tau	W W boson

ΦΟΡΕΙΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ

I II III

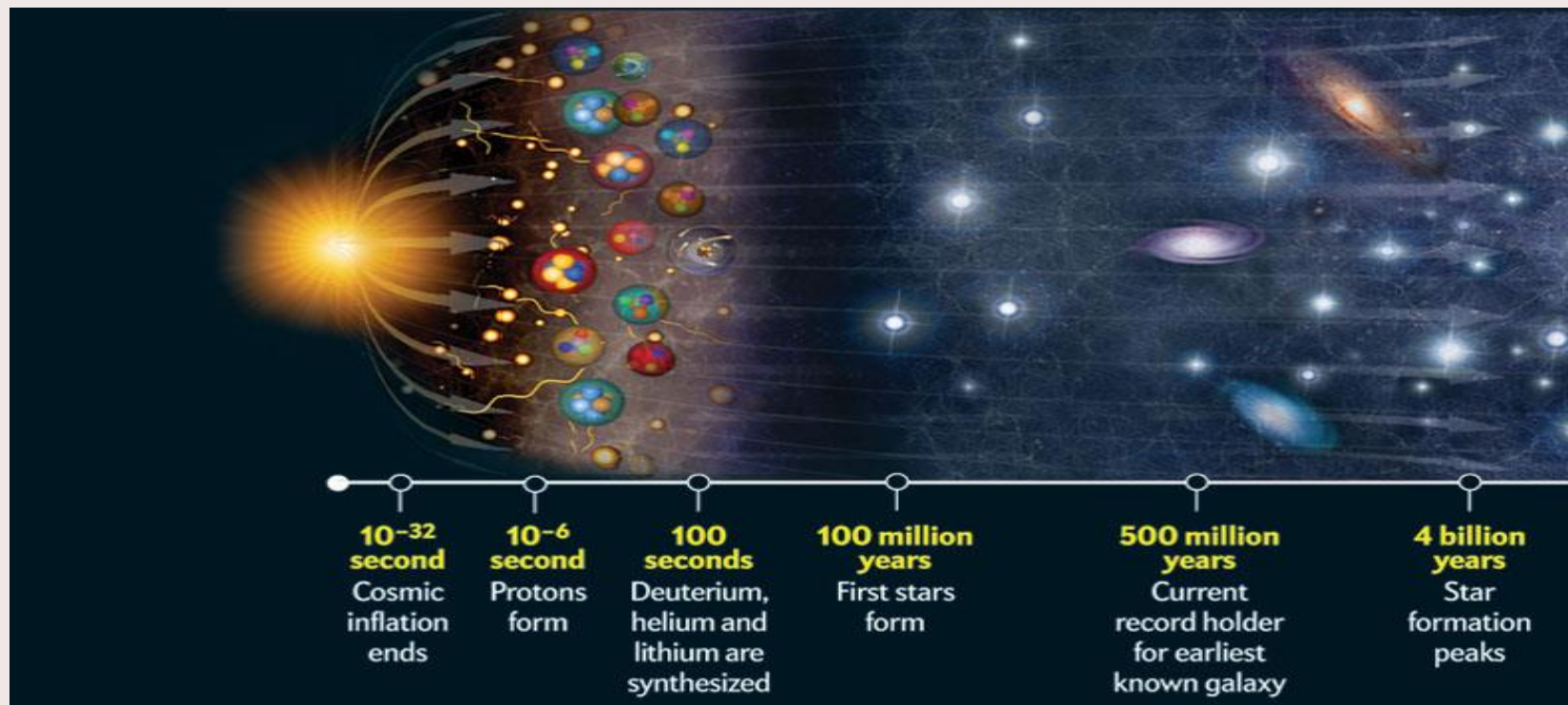
ΟΙ ΤΡΕΙΣ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΕΣ ΤΗΣ ΥΛΗΣ



Αλληλεπίδραση - Δύναμη

Η ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΗΣ ΕΚΡΗΞΗΣ (BIG BANG)

Το σύμπαν δημιουργήθηκε πριν από 13,7 δις χρόνια περίπου, από μια πολύ πυκνή και θερμή κατάσταση που ονομάζεται quark-gluon plasma. Στην κατάσταση αυτή τα κουάρκ ήταν ελεύθερα και μαζί και άλλα υποατομικά σωματίδια σχημάτιζαν μια «καυτή σούπα» πρωταρχικής ύλης. Καθώς το σύμπαν κρύωνε, τα κουάρκ ενώθηκαν και σχημάτισαν σωματίδια σαν τα πρωτόνια και τα νετρόνια.



ΟΙ ΤΕΣΣΕΡΙΣ ΠΕΡΙΟΔΟΙ ΤΗΣ ΙΣΤΟΡΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΜΠΑΝΤΟΣ

Η ιστορία του Σύμπαντος μπορεί να υποδιαιρεθεί σε τέσσερις περιόδους:

α) Την περίοδο των αδρονίων (ή βαρέων σωματιδίων)

β) Την περίοδο των λεπτονίων (ή ελαφρών σωματιδίων)

γ) Την περίοδο του πλάσματος και

δ) Την περίοδο της ύλης.

Οι περίοδοι (α), (β) και (γ) συνιστούν την εποχή της ακτινοβολίας, ενώ η (δ) την εποχή της ύλης.

Η ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΤΩΝ ΑΔΡΟΝΙΩΝ

Διήρκεσε λιγότερο από 10^{-6}s μετά τη Μεγάλη Έκρηξη.

Η θερμοκρασία του Σύμπαντος ήταν μεγαλύτερη από 10^{12} K .

Στην περίοδο των αδρονίων, τα φωτόνια έχουν τόσο μεγάλη ενέργεια, ώστε μετασχηματίζονται σε σωματίδια ύλης και αντιύλης (για παράδειγμα, πρωτόνια και αντιπρωτόνια).

Η ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΤΩΝ ΛΕΠΤΟΝΙΩΝ

Διήρκεσε από 10^{-6} έως 6s μετά τη Μεγάλη Έκρηξη. Η θερμοκρασία του Σύμπαντος μεταβλήθηκε από τους 10^{13} στους $6 \cdot 10^9$ K.

Οι πιο σημαντικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ στοιχειωδών σωματιδίων κατά την περίοδο των λεπτονίων ήταν.

- Η παραγωγή φωτονίων υψηλής ενέργειας από την αμοιβαία καταστροφή αντισωματιδίων, που συνεχίστηκε από την προηγούμενη περίοδο.
- Ο σχηματισμός ζευγών ηλεκτρονίων - ποζιτρονίων από φωτόνια γ .
- Ο σχηματισμός νετρονίων από αντιδράσεις μεταξύ πρωτονίων και ηλεκτρονίων ή αντιπρωτονίων και ποζιτρονίων.

Η ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΠΛΑΣΜΑΤΟΣ

Διήρκεσε ένα εκατομμύριο χρόνια από τη Μεγάλη Έκρηξη. Η θερμοκρασία του Σύμπαντος μεταβλήθηκε από τους 10^9 στους 3.000 K.

Κατά την περίοδο αυτή από τα πρωτόνια και τα νετρόνια που είχαν σχηματιστεί σε προηγούμενες φάσεις, δημιουργήθηκαν οι πυρήνες των ελαφρότερων στοιχείων: Πυρήνες των ισοτόπων του υδρογόνου (δευτερίου και τριτίου), ηλίου και σε μικρότερες αναλογίες λιθίου (Li) και βηρυλλίου (Be).

Λόγω της υψηλής ακόμα θερμοκρασίας, η ύλη είναι πλήρως ιονισμένη. Δηλαδή, δεν υπάρχουν ηλεκτρόνια γύρω από τους πυρήνες των ατόμων. Το Σύμπαν συμπεριφέρεται σαν ένα πολύ πυκνό και θερμό αέριο που αποτελείται από πρωτόνια, νετρόνια ηλεκτρόνια, πυρήνες ελαφρών στοιχείων και ακτινοβολία.

Η ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΤΗΣ ΥΛΗΣ

Διαρκεί από το τέλος της περιόδου του πλάσματος μέχρι σήμερα.

Όταν η θερμοκρασία έπεσε στους 3.000 K, έγινε δυνατός ο σχηματισμός των πρώτων ατόμων: Οι πυρήνες των ελαφρών στοιχείων, που είχαν ήδη συντεθεί, παγίδευσαν ηλεκτρόνια και δημιουργήθηκαν τα αντίστοιχα ουδέτερα άτομα: υδρογόνου, δευτερίου, τριτίου, ηλίου, λιθίου και βηρυλλίου.

Η ακτινοβολία δεν παγιδεύεται από την ουδέτερη πλέον ύλη και αποδεσμεύεται απ' αυτήν. Καθώς το Σύμπαν διαστέλλεται και ψύχεται, η θερμοκρασία της μειώνεται μέχρι τη σημερινή τιμή των 2,7 K. Η ακτινοβολία αυτή δεν είναι άλλη από την ακτινοβολία υποβάθρου, της οποίας η ανακάλυψη αποτέλεσε πραγματικό θρίαμβο για τη θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης.

The big

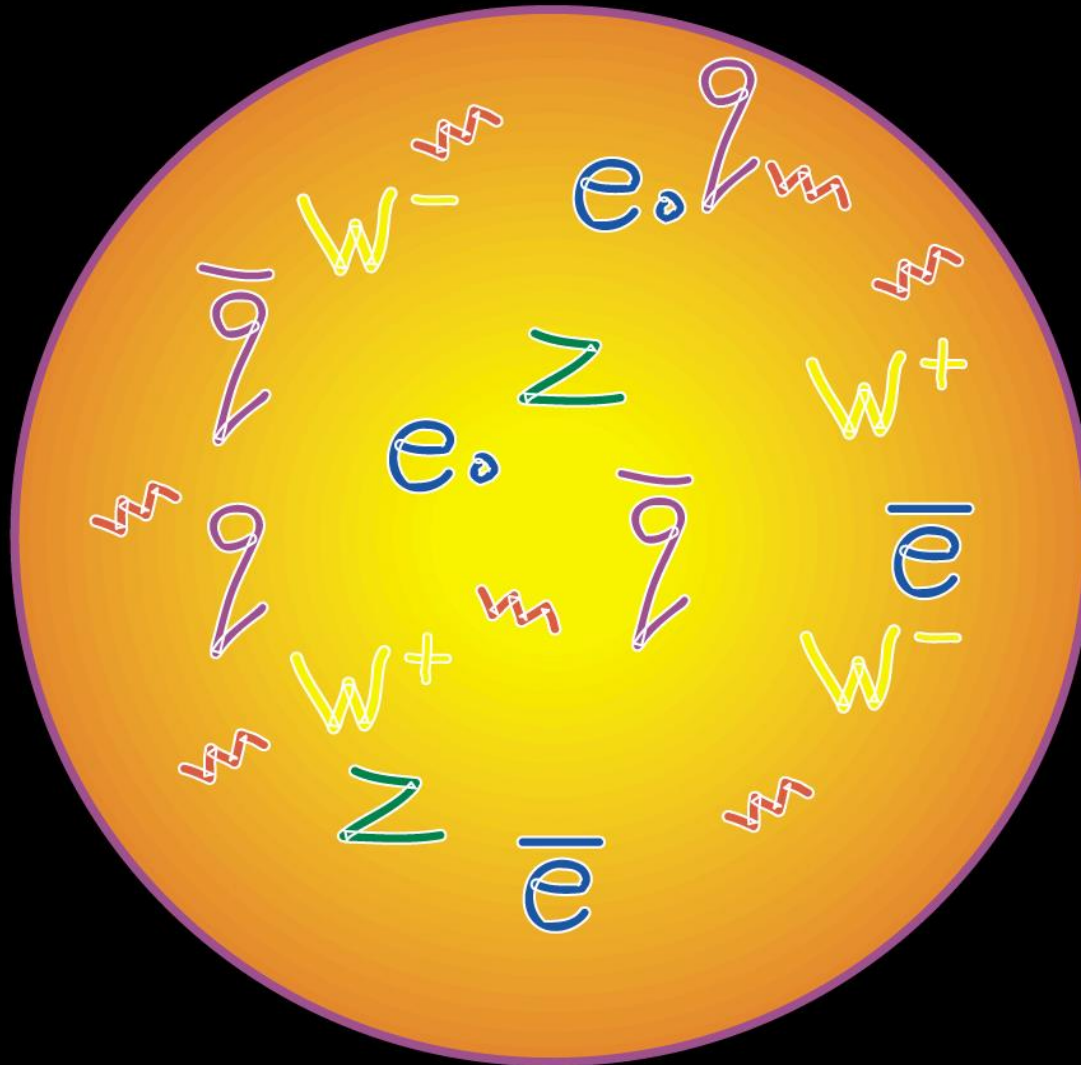


10^{-43} seconds



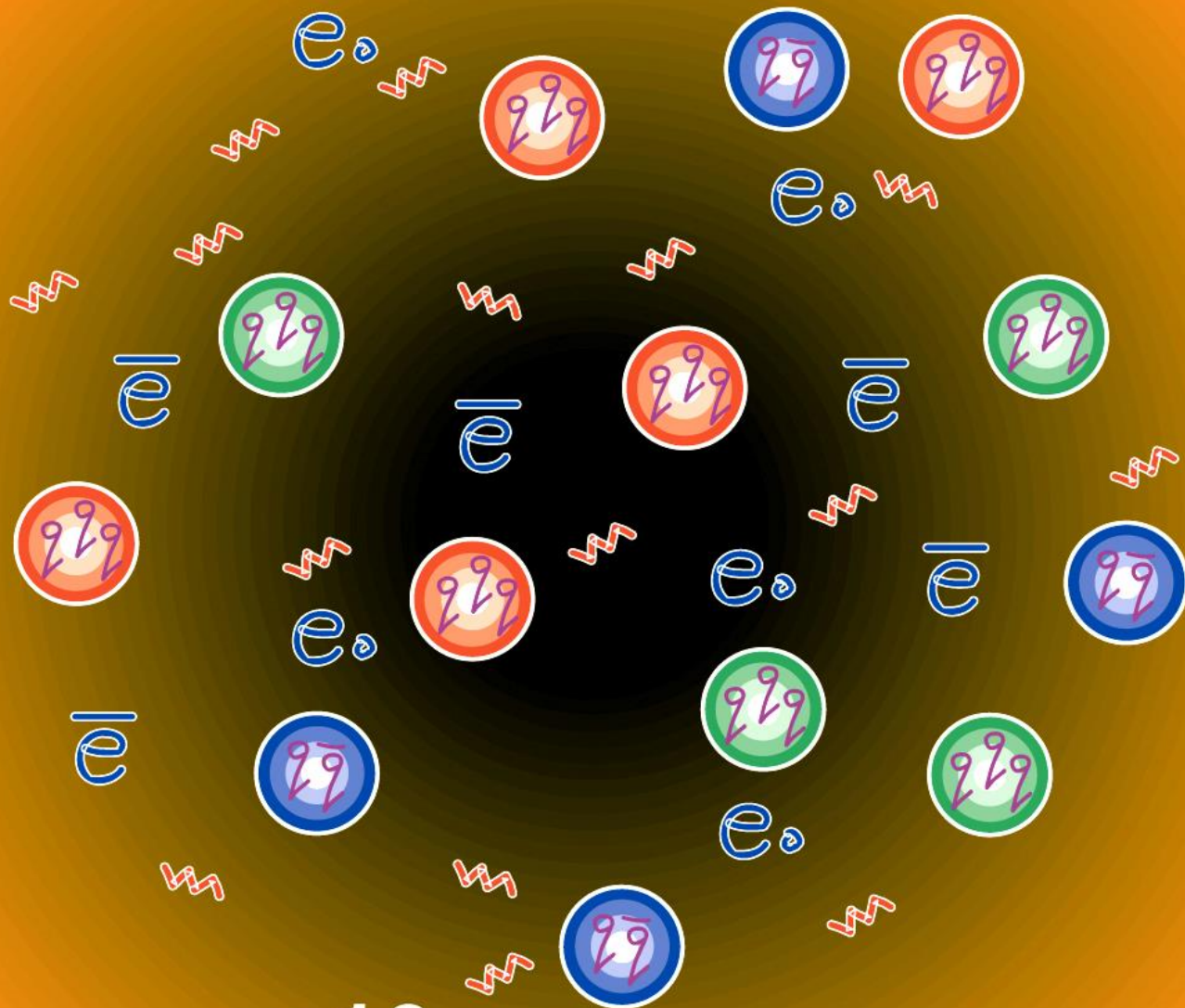
10^{32} degrees

10^{-34} seconds



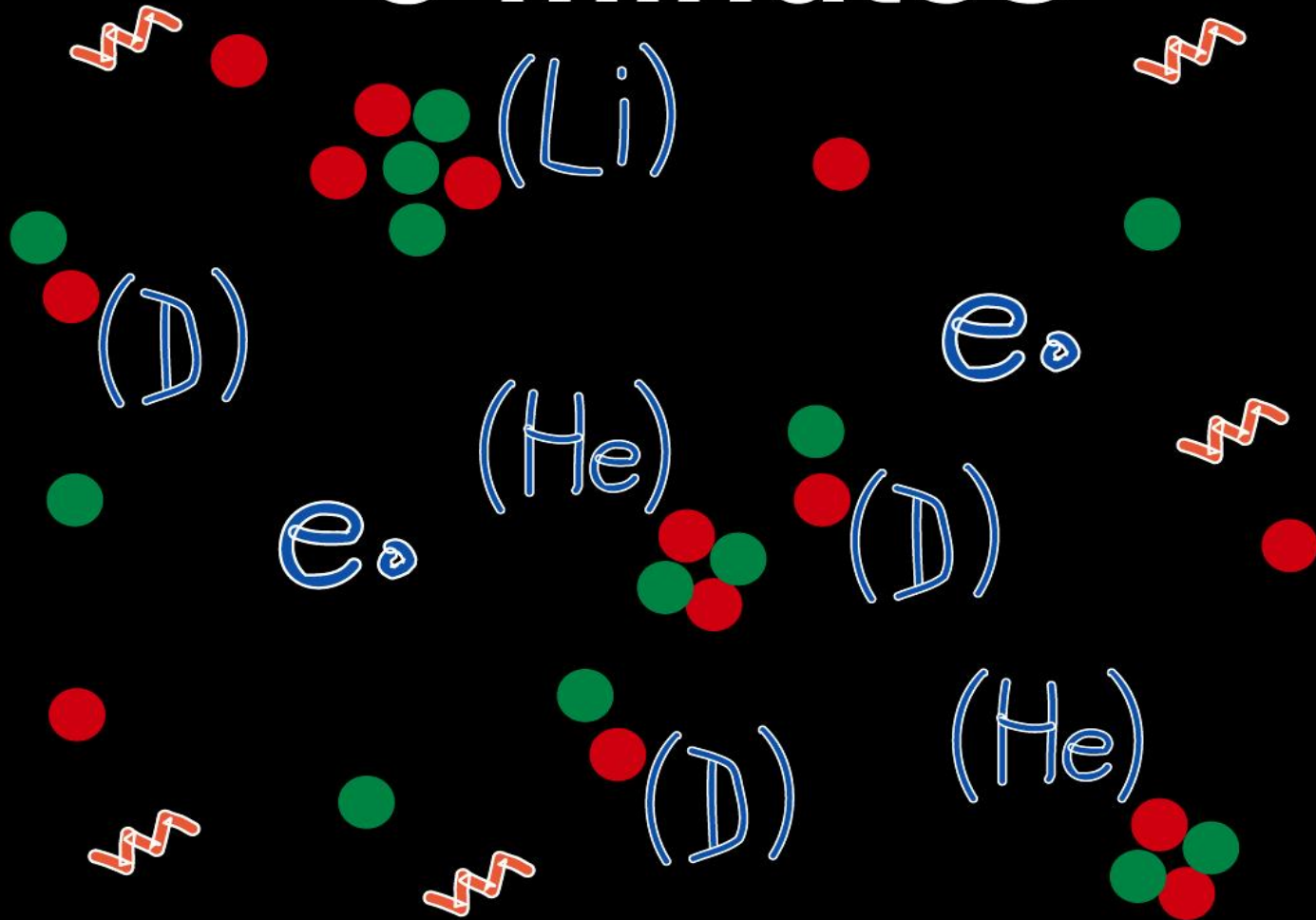
10^{27} degrees

10^{-5} second



10^{10} degrees

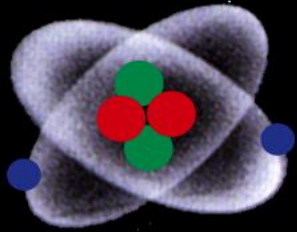
3 minutes



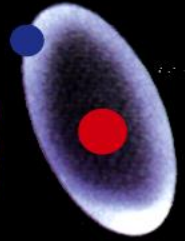
10^9 degrees

300 thousand
years

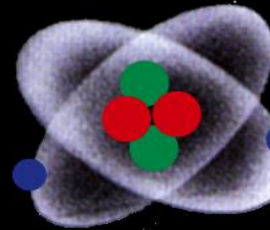
He



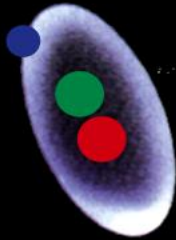
H



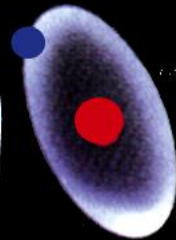
He



D



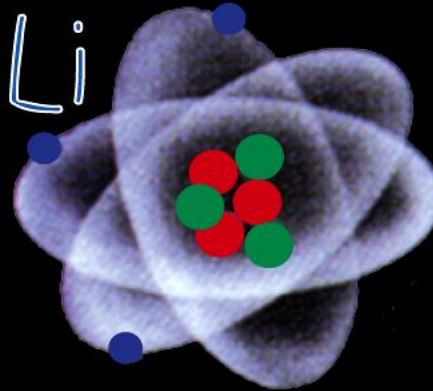
H



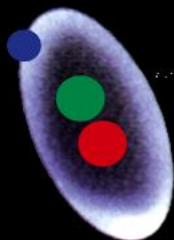
D



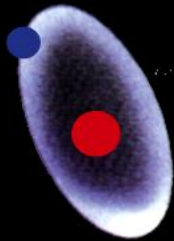
Li



D

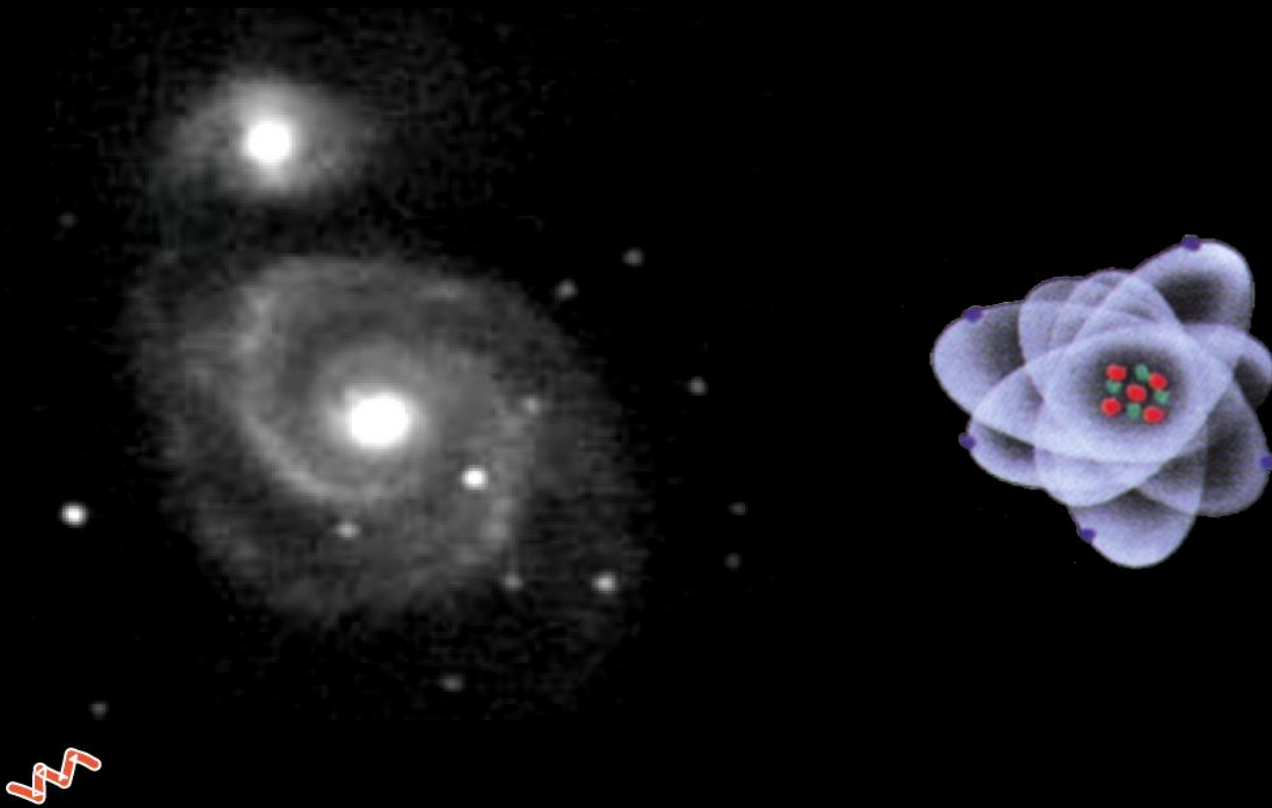


H



6000 degrees

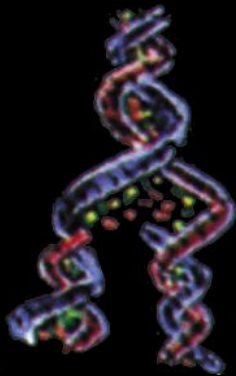
**1 thousand
million years** 



18 degrees

**13.7 thousand 
million years**

now



3 degrees

Η ΜΕΓΑΛΗ ΕΚΡΗΞΗ

14 Δισεκατομ. έτη

1000 εκατ. έτη

300 000 έτη

3 min

1 sec

10^{-10} sec

10^{-34} sec

10^{-43} sec

10^{32} °K

10^{27} °K

10^{15} °K

10^{10} °K

10^9 °K

6000 °K

18 °K

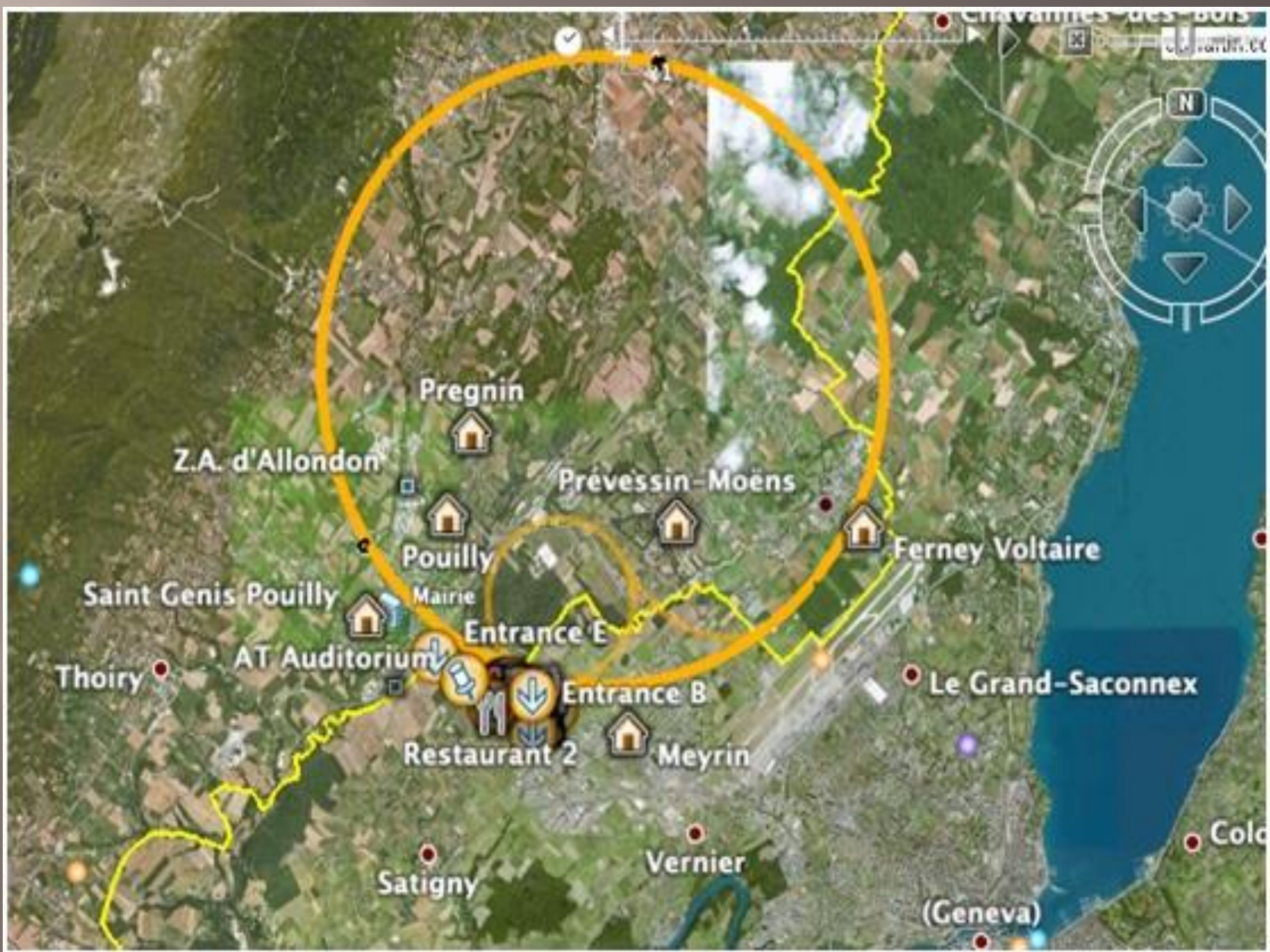
3 °K

- radiation
- particles
- W^+ } heavy particles carrying the weak force
- W^- }
- Z }
- quark
- anti-quark
- electron
- positron (anti-electron)
- proton
- neutron
- meson
- hydrogen
- deuterium
- helium
- lithium



Το CERN (Conseil Européenne pour la Recherche Nucléaire) είναι το μεγαλύτερο πειραματικό κέντρο ερευνών σωματιδιακής φυσικής στον κόσμο. Βρίσκεται δυτικά της Γενεύης, στα σύνορα Ελβετίας και Γαλλίας.

Η ιστορία του CERN ξεκίνησε το 1949. Την περίοδο εκείνη ο μεγάλος θεωρητικός φυσικός Louis de Broglie (1892-1987), βραβευμένος με το βραβείο Νόμπελ το 1929, σε μια επιστολή του προς το European Cultural Conference στην Λωζάνη, πρότεινε την ίδρυση ενός νέου ευρωπαϊκού ερευνητικού κέντρου, προκειμένου να εμποδιστεί η «διαρροή εγκεφάλων» προς την βόρεια Αμερική και για να ανακτήσει ο ευρωπαϊκός χώρος έρευνας την χαμένη του αίγλη.



ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑΚΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ CERN

Έτσι γεννήθηκε το CERN στη Γενεύη της Ελβετίας το 1954 από 12 ευρωπαϊκές χώρες μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα - ήταν ένας από τους πρώτους οργανισμούς προς την κατεύθυνση της διευρωπαϊκής ένωσης και συνεργασίας. Σήμερα, απαρτίζεται όχι μόνο από τα κράτη-μέλη της ΕΕ (βασικά μέλη), αλλά ταυτόχρονα συμμετέχουν ενεργά οι ΗΠΑ, Ινδία, Ισραήλ, Ρωσία, Ιαπωνία, Τουρκία και η UNESCO.

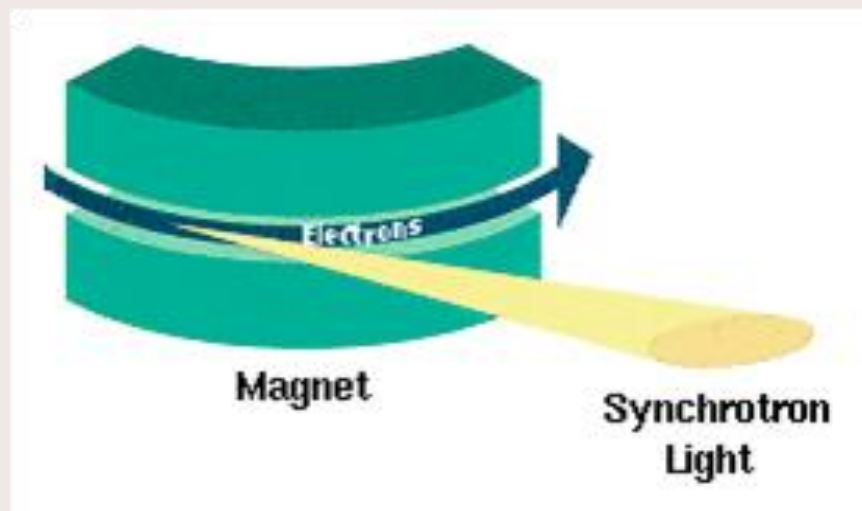
Πρόκειται για ένα πανανθρώπινο εγχείρημα, που ως βασικό αντικείμενο ερευνών του ήταν και είναι τα στοιχειώδη σωματίδια, οι δομικοί λίθοι που απαρτίζουν την ύλη, όπως και οι δυνάμεις που τα διέπουν.

Δηλαδή έργο του CERN είναι η καθαρή επιστήμη, η διερεύνηση των πλέον θεμελιωδών ερωτημάτων για τη Φύση: Τι είναι η ύλη; Από πού προέρχεται; Πως συγκρατείται για να σχηματίσει άστρα, πλανήτες και ανθρώπινα όντα;

ΠΟΙΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ ΕΠΙΤΑΧΥΝΟΝΤΑΙ ΣΤΟ CERN

Στις περισσότερες περιπτώσεις είτε πρωτόνια είτε ηλεκτρόνια. Είναι δυνατόν να επιταχυνθούν βαρύτερα άτομα, όπως του Θείου ή του Μολύβδου. Στην πραγματικότητα επιταχύνονται οι θετικοί πυρήνες αυτών των ατόμων, αφού αποδεσμευτούν από όλα ή τα περισσότερα ηλεκτρόνιά τους.

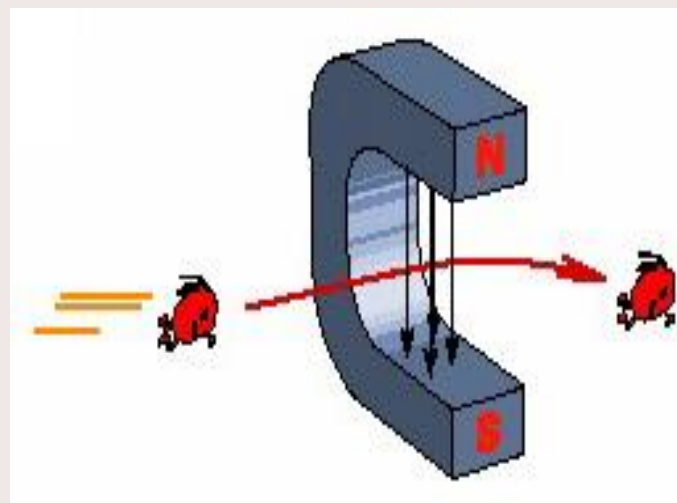
Στον LHC δεν επιταχύνονται ηλεκτρόνια . Αυτό οφείλεται στο φαινόμενο που οι επιστήμονες ονομάζουν ακτινοβολία «σύγχροτρον». Όταν μικρής μάζας σωματίδια όπως τα ηλεκτρόνια επιταχύνονται, χάνουν πολύ περισσότερη ενέργεια σε ακτινοβολία σύγχροτρον από ό,τι χάνουν βαριά σωματίδια.



ΠΩΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΟΝΤΑΙ ΤΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ

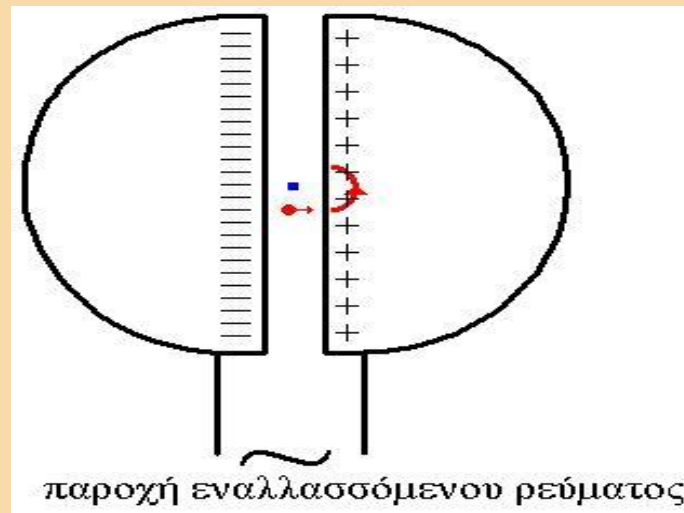
Για παράδειγμα ένα θετικά φορτισμένο σωματίδιο-όπως το πρωτόνιο- έλκεται από ένα αρνητικό ηλεκτρόδιο. Στο πεδίο μιας μπαταρίας 1,5V θα αποκτήσει ενέργεια ίση με 1,5 ηλεκτρονιοβόλτ ($1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$). Ένας "γραμμικός επιταχυντής" αποτελείται από πολλά στοιχεία, όπως αυτό στην παραπάνω φωτογραφία, τοποθετημένα το ένα δίπλα στο άλλο.

Οι κυκλικοί επιταχυντές αναγκάζουν τα σωματία να γυρίζουν γύρω-γύρω σε μια κυκλική τροχιά, δίνοντάς τους όλο και περισσότερη ενέργεια σε κάθε περιστροφή.



ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΕΠΙΤΑΧΥΝΤΩΝ-Ο ΠΡΩΤΟΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΤΗΣ

Ο πρώτος επιταχυντής σωματιδίων κατασκευάστηκε από τον Ernest Lawrence (Λόρενς) το 1930. Ήταν το γνωστό κύκλοτρο, μια συσκευή επιτάχυνσης σωματιδίων που μαζί με το σύγχροτρο είναι οι πρόγονοι του σύγχρονου επιταχυντή. Το σύγχροτρο είναι επιταχυντική διάταξη, η οποία μπορεί να προσδώσει σε σωμάτια και πυρήνες ατόμων υψηλότερες ενέργειες από εκείνες που επιτυγχάνονται με άλλους επιταχυντές. Προορίζεται ιδιαίτερα για την επιτάχυνση των πρωτονίων και των ηλεκτρονίων.

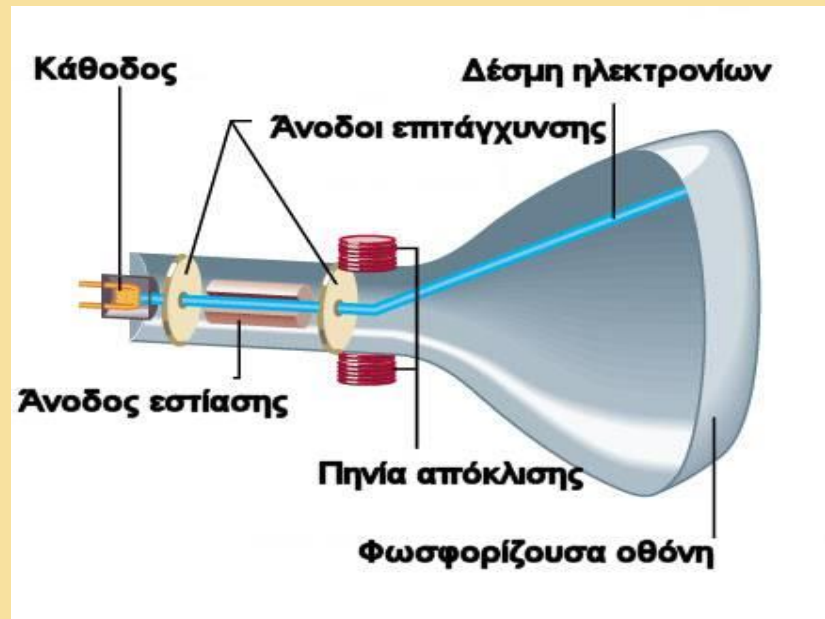


Η ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ ΕΊΝΑΙ ΕΝΑΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΤΗΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ

Οι τηλεοράσεις χρησιμοποιούν τις ίδιες αρχές λειτουργίας με τους επιταχυντές αλλά σε πολύ μικρότερη κλίμακα .

Οι τηλεοράσεις και οι επιταχυντές έχουν πολλά κοινά μέρη:

- Μια πηγή σωματιδίων
- Ηλεκτρόδια επιτάχυνσης
- Ηλεκτρομαγνητικά πεδία για να εκτρέπουν τα σωματίδια και τέλος
- Έναν ανιχνευτή σωματιδίων (η οθόνη, στην περίπτωση της τηλεόρασης)



Ο Μεγάλος Αδρονικός Επιταχυντής LHC



Οι συγκρούσεις στον Μεγάλο Αδρονικό Επιταχυντή LHC

Κάθε δέσμη αποτελείται από περίπου 3000 “πακέτα” πρωτονίων και κάθε πακέτο περιλαμβάνει 100 δισεκατομμύρια πρωτόνια.

Τα πρωτόνια είναι τόσο μικρά σε μέγεθος και η πιθανότητα σύγκρουσης είναι πολύ μικρή. Όταν τα “πακέτα” συναντιούνται, πραγματοποιούνται, κατά μέσο όρο, 20 μόνο συγκρούσεις ανάμεσα στα 200 δισεκατομμύρια σωματίδια.

Τα πακέτα συναντιούνται περίπου 30 εκατομμύρια φορές το δευτερόλεπτο με αποτέλεσμα να πραγματοποιούνται πάνω από 600 εκατομμύρια συγκρούσεις σωματιδίων κάθε δευτερόλεπτο!!!

ΟΙ ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ

Όταν έχουμε δύο σωματίδια μεγάλης ενέργειας να συγκρούονται τότε μπορούν να δημιουργηθούν οι ειδικές συνθήκες που χρειαζόμαστε είτε για να εξερευνήσουμε την δομή της ύλης είτε για να δημιουργηθεί νέα μορφή ύλης. Για να παρατηρήσουμε και να αναγνωρίσουμε είτε τα γνωστά σωματίδια είτε τις νέες μορφές ύλης, χρειαζόμαστε πολύ εξειδικευμένους ανιχνευτές. Ο ανιχνευτής που βρίσκεται κοντά στο σημείο σύγκρουσης μπορεί να "δει" τις τροχιές των σωματιδίων που παράγονται από την σύγκρουση.

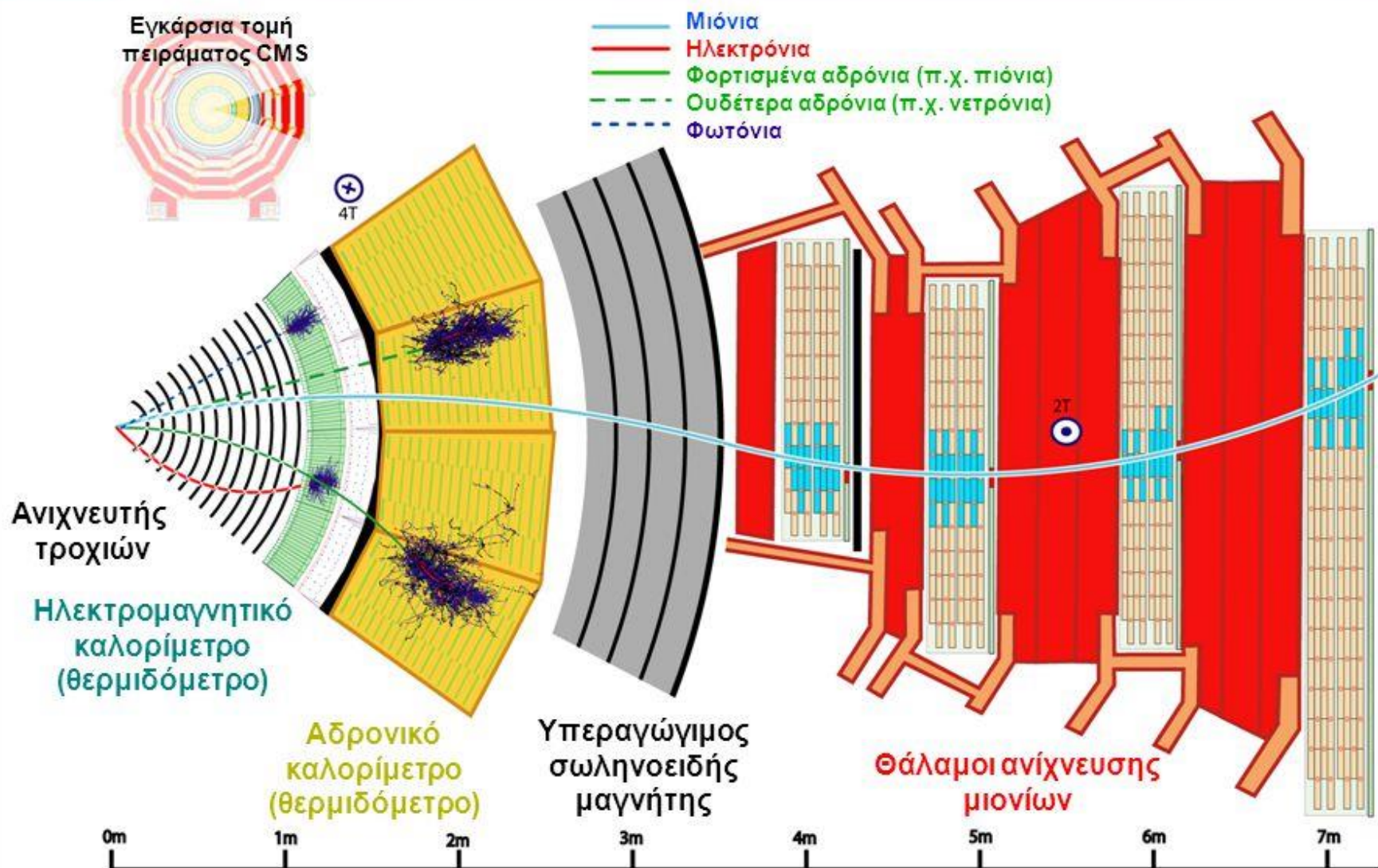
Οι σημερινοί ανιχνευτές είναι σύνθετοι και περιλαμβάνουν πολλά επιμέρους τμήματα ανιχνευτών. Οι σκοποί του συνθέτου ανιχνευτικού συστήματος είναι οι εξής:

- να αναγνωρίσουν τα σωματίδια
- να μετρήσουν την ενέργειά τους
- να μετρήσουν την διεύθυνσή τους.
- Ξέροντας το είδος των παραγομένων σωματιδίων, την ενέργεια και την διεύθυνσή τους μπορούμε να εξάγουμε συμπεράσματα για τα μυστικά του μηχανισμού σύγκρουσης και για την δομή της ύλης.

ΕΙΔΗ ΑΝΙΧΝΕΥΤΩΝ-1

Υπάρχουν τρία κύρια είδη ανιχνευτών: Α) Ανιχνευτές τροχιών για να υπολογίσουν/ανακατασκευάσουν τις τροχιές των φορτισμένων σωματιδίων που τους διασχίζουν. Β) Θερμιδόμετρα (καλορίμετρα) για να υπολογίσουν την ενέργεια των ουδετέρων και φορτισμένων σωματιδίων. Συχνά τα θερμιδόμετρα σταματούν τα σωματίδια (απορροφούν την ενέργειά τους). Γ) Ανιχνευτές μιονίων για να ανιχνεύσουν τα μίονια.

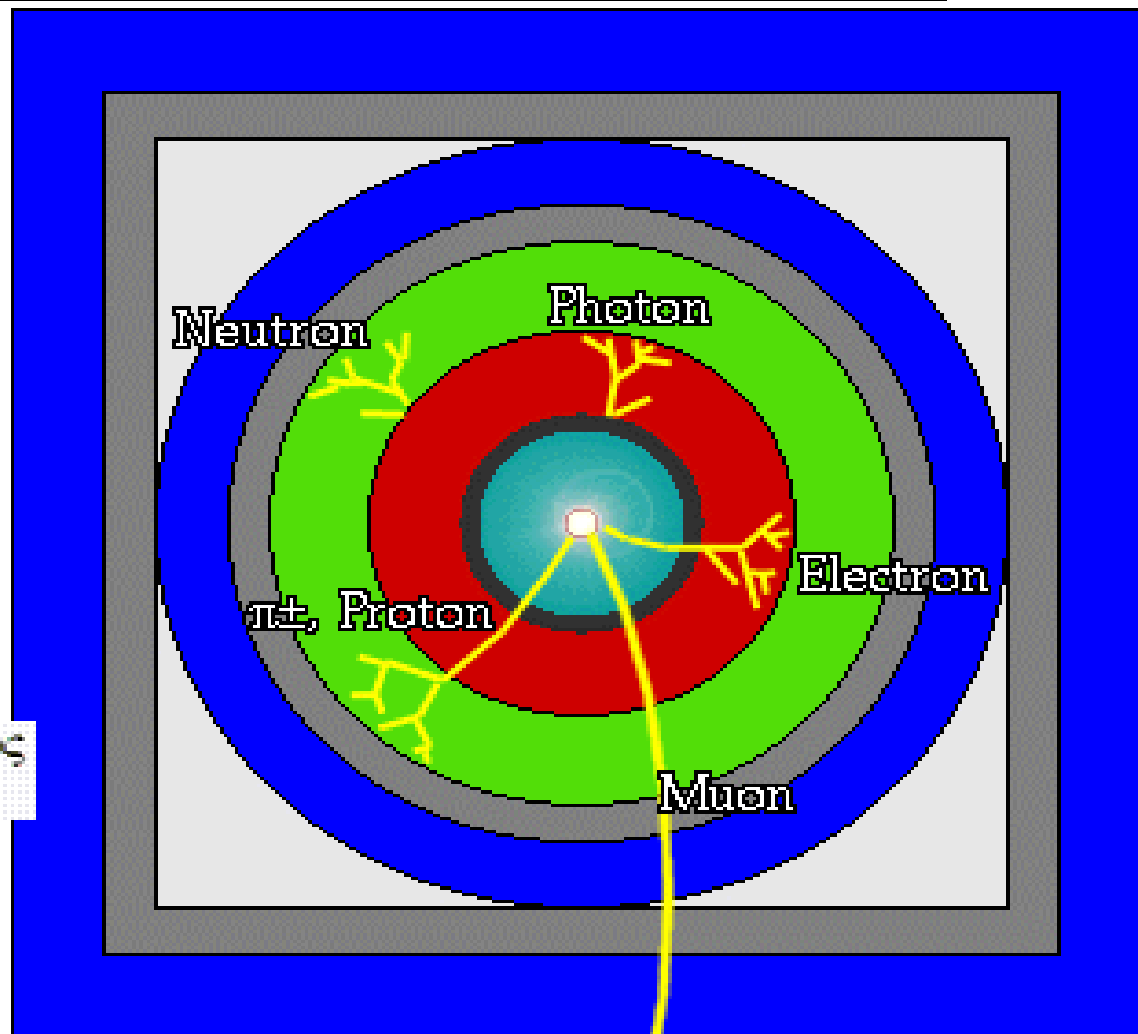
Ανίχνευση σωματιδίων



ΕΙΔΗ ΑΝΙΧΝΕΥΤΩΝ-2

Κάθετη τομή, που δείχνει τις τροχιές των σωματιδίων

- Σωλήνας
- Δέσμης (κέντρο)
- Θάλαμος μέτρησης τροχιών
- Πηνία μαγνήτη
- Ηλεκ/τικό καλορίμετρο
- Αδρονικό καλορίμετρο
- Μαγνητισμένος σίδηρος
- Θάλαμος μιονίων



Ο ΑΝΙΧΝΕΥΤΗΣ ATLAS ΣΤΟ CERN

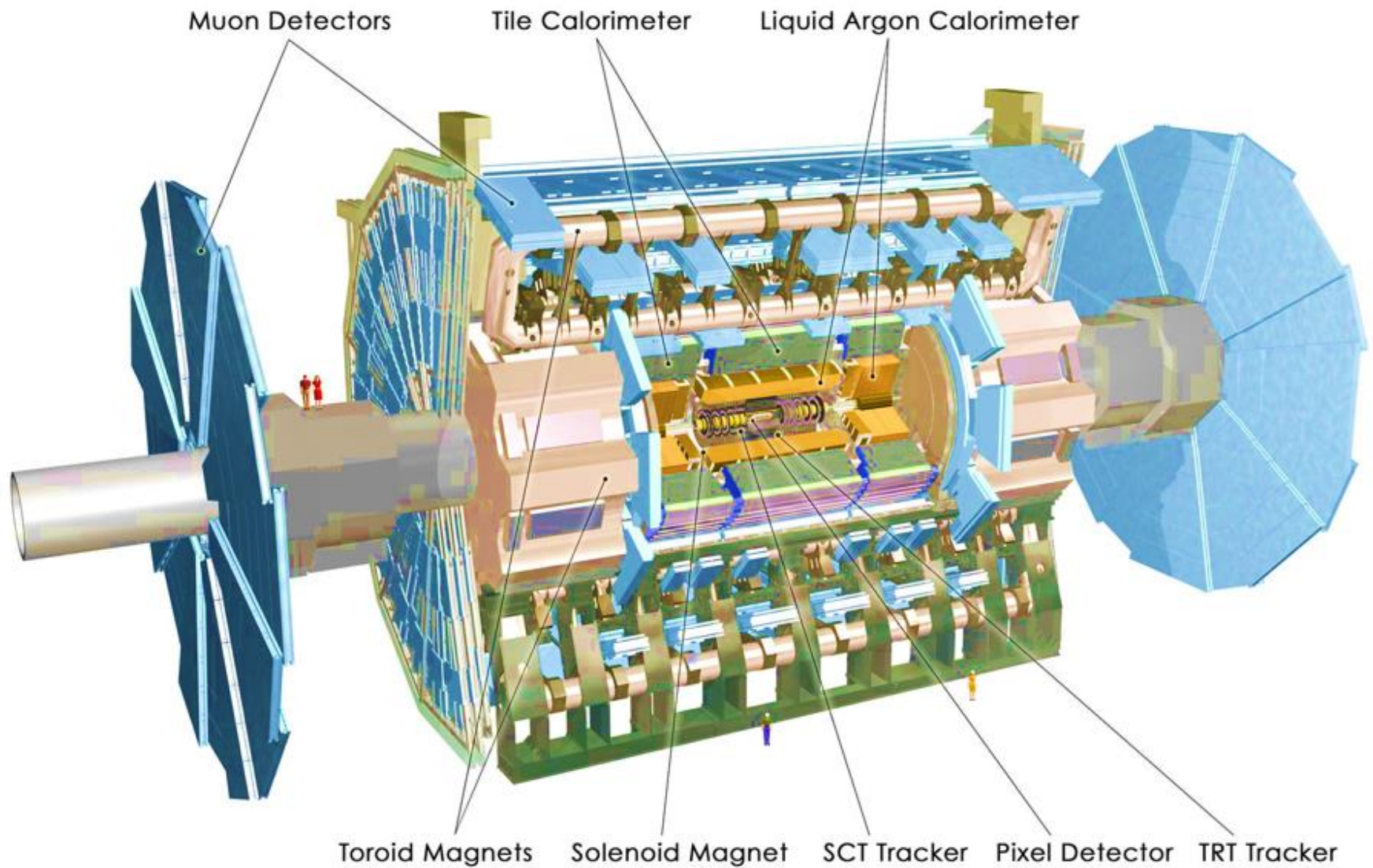
***Ο ATLAS είναι ένας ανιχνευτής που σκοπό έχει να εκμεταλλευτεί όλο το δυναμικό της φυσικής που βρίσκεται πίσω από το Μεγάλο Επιταχυντή Αδρονίων.**

***Θα προσδιορίσει τις ενέργειες, τις διευθύνσεις καθώς και την ταυτότητα των σωματιδίων που θα παραχθούν από τις συγκρούσεις των δύο δεσμών πρωτονίων.**

***Αναμένονται γύρω στο 1.000.000.000 συγκρούσεις το δευτερόλεπτο και ο ρυθμός μεταφοράς των δεδομένων θα είναι ισοδύναμος με 20 τηλεφωνικές συνδιαλέξεις όλων των κατοίκων της Γης συγχρόνως.**

***Οι υπολογιστές του ATLAS θα επεξεργάζονται τις πληροφορίες των αποτελεσμάτων αρκετά γρήγορα ώστε να επιλέξουν μία από τις 10.000.000 συγκρούσεις που θα μπορεί να υποδηλώνει νέα φαινόμενα, και τελικά θα καταγράψουν μόνο τις επιλεγμένες αυτές συγκρούσεις σε σκληρούς δίσκους ή ταινίες.**

ATLAS



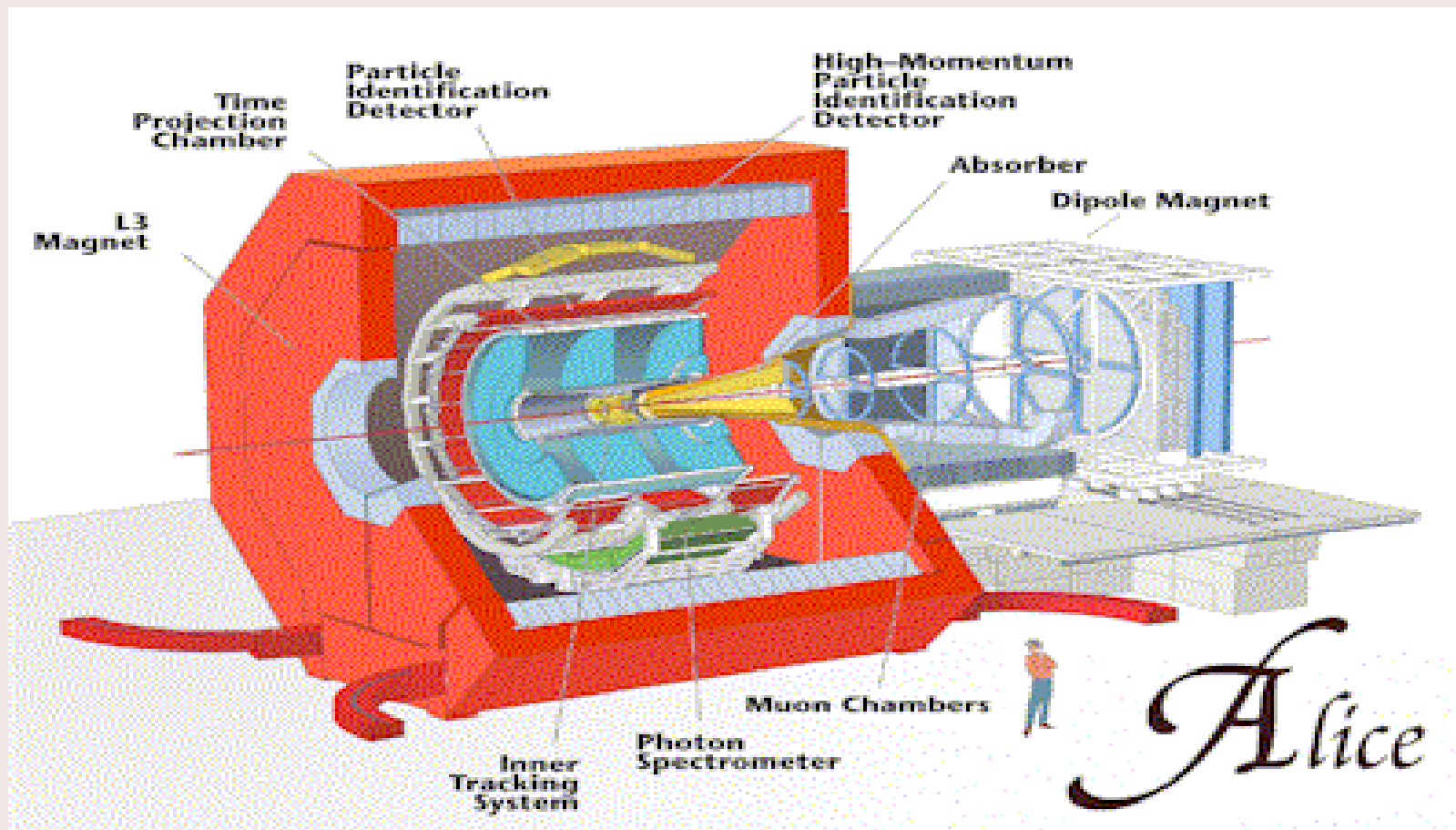
ΑΝΙΧΝΕΥΤΗΣ CMS

Θεωρείται το μεγαλύτερο και πολυπλοκότερο μηχάνημα που κατασκευάσθηκε ποτέ στη Γη και έχει βάρος 12.000 τόνους! Ο CMS χρησιμοποιεί μαγνητικά πεδία έντασης 4 tesla, δηλαδή 100.000 φορές ισχυρότερα από το Γήινο! Ο ανιχνευτής περιλαμβάνει 100 εκατομμύρια ανιχνευτικά στοιχεία. Ζυγίζει 12500 τόνους, έχει μήκος 21 μέτρα και 15 μέτρα διάμετρο.



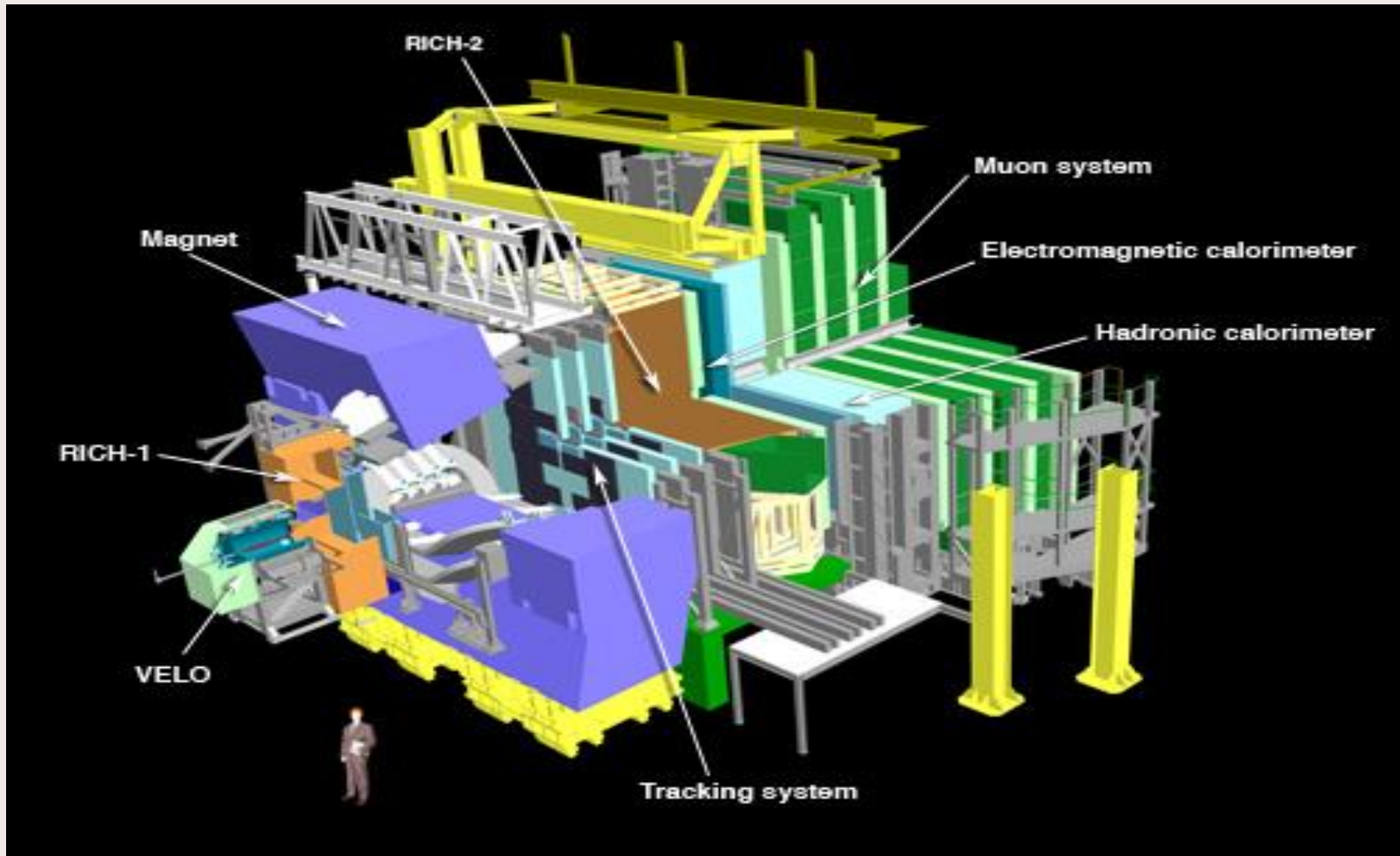
ΑΝΙΧΝΕΥΤΗΣ ALICE

Ο ALICE μελετά το πλάσμα κουάρκς-γκλουονίων μια μορφή ύλης που πιστεύεται ότι υπήρξε στο Σύμπαν τις πρώτες στιγμές της μεγάλης έκρηξης πριν από 13,7 δισεκατομμύρια χρόνια.



ΑΝΙΧΝΕΥΤΗΣ LHCb

Ο LHCb μελετά σωματίδια που ονομάζονται β-Μεσόνια και θα ερευνήσει τις διαφορές ανάμεσα σε ύλη και αντιύλη.

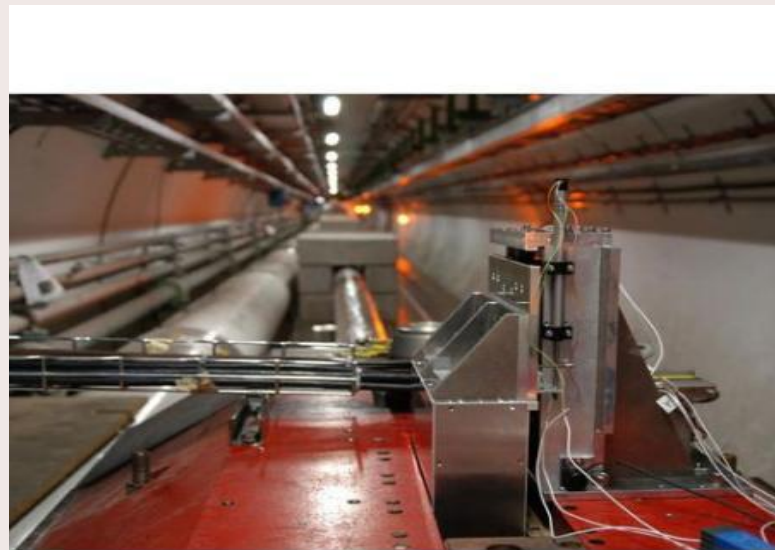
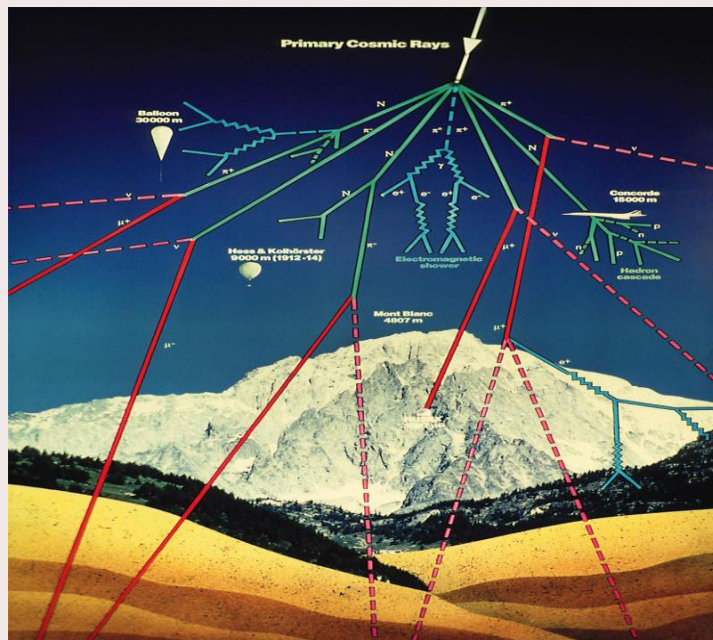


Ο ΑΝΙΧΝΕΥΤΗΣ – ΠΕΙΡΑΜΑ LHCf

Ο ανιχνευτής LHCf θα μετρήσει σωματίδια που παράγονται πολύ κοντά στην διεύθυνση της δέσμης, κατά τις συγκρούσεις πρωτονίων-πρωτονίων, οι οποίες είναι παρόμοιες με τις συγκρούσεις υπερυψηλής ενέργειας κοσμικών ακτίνων με την ατμόσφαιρα της Γής.

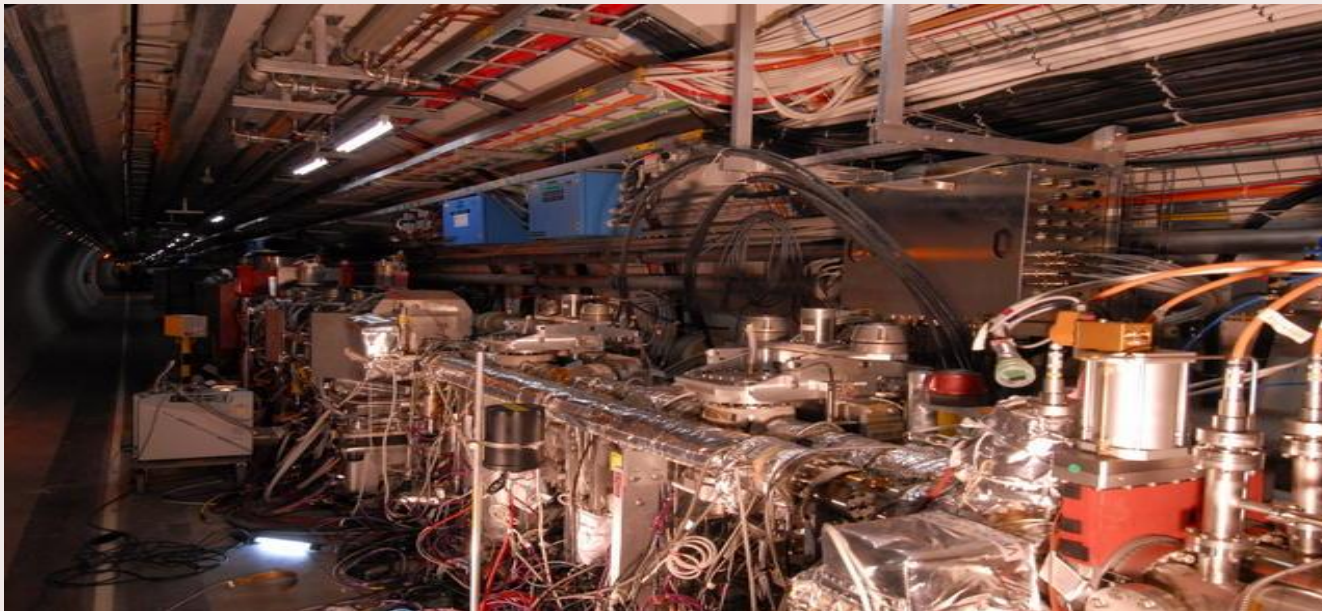
Σκοπός του πειράματος είναι ο έλεγχος μοντέλων που υπολογίζουν την αρχική ενέργεια των κοσμικών ακτίνων

Οι ανιχνευτές βρίσκονται 140m από το σημείο σύγκρουσης του ATLAS



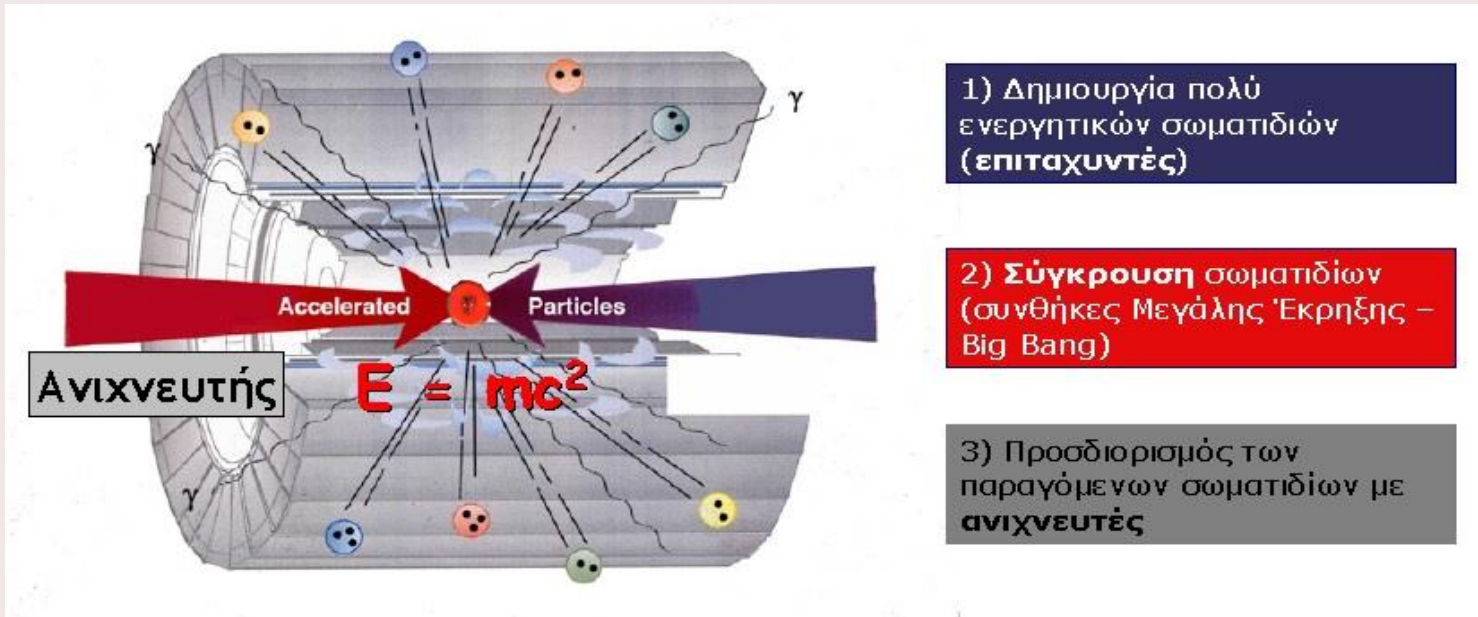
Ο ΑΝΙΧΝΕΥΤΗΣ – ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ TOTEM

Ο ανιχνευτής Totem είναι ευθυγραμμισμένος με τον ανιχνευτή CMS και θα μετρήσει την διατομή (το μέγεθος των πρωτονίων) και τις παραμέτρους των συγκρούσεων. Για να γίνει αυτό θα μετρήσει τα σωματίδια που παράγονται πολύ κοντά στις βασικές δέσμες σωματιδίων, χρησιμοποιώντας ειδικά σχεδιασμένους ανιχνευτές που στεγάζονται σε ειδικούς θαλάμους κενού, γνωστούς ως roman pots. Οκτώ από αυτούς θα τοποθετηθούν σε ζεύγη κοντά στο σημείο της σύγκρουσης στο πείραμα του CMS.



Η ΙΣΧΥΣ ΤΩΝ ΣΥΓΚΡΟΥΣΕΩΝ ΣΤΟΥΣ ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ

Οι συγκρούσεις που πραγματοποιούνται στην καρδιά των τεσσάρων ανιχνευτών, είναι τόσο σφοδρές που με την τερατώδη ενέργεια των 14 Terra-eV (Τέρα-ηλεκτρονιοβόλτ) θα δημιουργήσουν τις ακραίες συνθήκες της Μεγάλης Έκρηξης και της δημιουργίας του Σύμπαντος! Στις συγκρούσεις η θερμοκρασία ξεπερνά κατά 100.000 φορές την θερμοκρασία στο κέντρο του ήλιου ($10^{17} \text{ }^{\circ}\text{C}$) και αντιστοιχεί στο 10^{-25} sec του Big Bang. Οι Επιστήμονες προσδοκούν ότι στις συνθήκες αυτές η ύλη θα μας αποκαλύψει καλά κρυμμένα για αιώνες μυστικά της.



Η ΙΣΧΥΣ ΤΩΝ ΣΥΓΚΡΟΥΣΕΩΝ ΣΤΟΥΣ ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ

1 Terra-en είναι η ενέργεια που έχει ένα κουνούπι όταν πετάει. Φανταστείτε την ενέργεια αυτή σε έναν χώρο 1.000.000 φορές μικρότερο!!!

ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ

(Απροσδιοριστία στη θέση) χ (απροσδιοριστία στην ταχύτητα) = σταθερό

Καθώς η
απροσδιοριστία στη
θέση μικραίνει, η
απροσδιοριστία στην
ταχύτητα μεγαλώνει,
ώστε το γινόμενο
τους να παραμείνει
σταθερό.

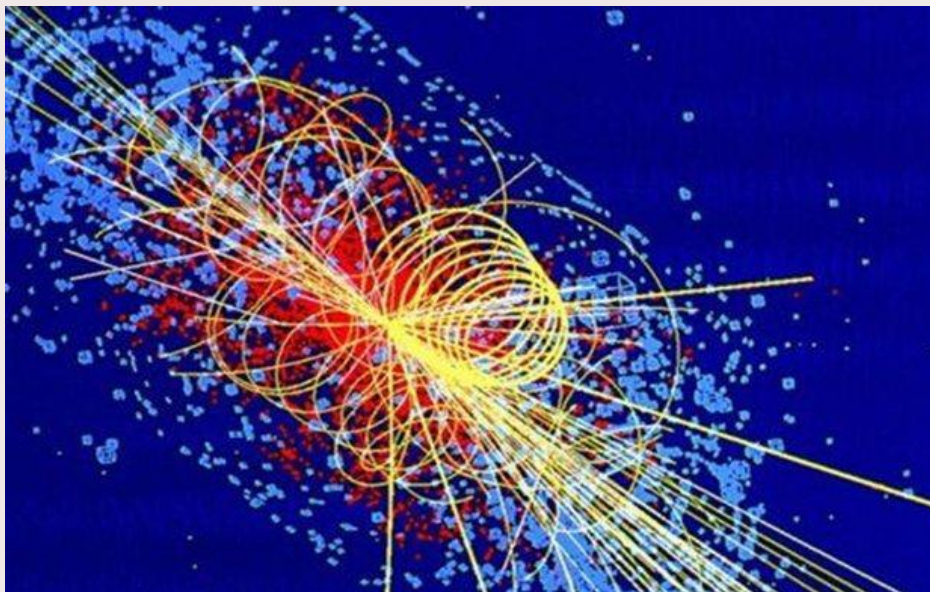
Όσο πιο μικροσκοπική είναι η
φυλλική του, τόσο πιο γρήγορα
είναι «καταδικασμένο» να
κινείται ένα σωματίδιο.

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

150 εκατομμύρια αισθητήρες παίρνουν μετρήσεις 40.000.000 φορές το δευτερόλεπτο, ανιχνεύοντας 600.000.000 συγκρούσεις πρωτονίων ανά δευτερόλεπτο.

Μετά από φιλτράρισμα των συγκρούσεων «άνευ ενδιαφέροντος», θα αποθηκεύονται για ανάλυση περίπου 100.000.000 συγκρούσεις ανά sec.

Κάθε χρόνο αποθηκεύονται περίπου 15.000.000 GB που αν εγγράφονταν σε κοινά CD , θα χρειαζόνταν 20.000.000 CD τοποθετημένα το ένα πάνω στο άλλο που θα σχημάτιζαν στήλη ύψους 20 χιλιομέτρων.



ΕΝΟΠΟΙΗΣΗ ΔΥΝΑΜΕΩΝ

Σήμερα γνωρίζουμε πως υπάρχουν τέσσερις θεμελιώδεις δυνάμεις: η βαρυτική, η ηλεκτρομαγνητική, η ισχυρή και η ασθενής αλληλεπίδραση. Η έρευνα σήμερα στο πεδίο της θεωρητικής φυσικής στρέφεται στην ενοποίηση των τεσσάρων αυτών δυνάμεων. Το πρώτο βήμα έγινε με την ενοποίηση του ηλεκτρισμού με τον μαγνητισμό από τον Τζέιμς Μάξγουελ. Η ηλεκτρομαγνητική και η ασθενής αλληλεπίδραση έχουν επίσης ενωθεί ως η ηλεκτρασθενής αλληλεπίδραση. Οι επιστήμονες φιλοδοξούν να ενοποιήσουν την ηλεκτρασθενή με την ισχυρή αλληλεπίδραση, ενώ παραμένει και η βαρύτητα, για την οποία έχουν διατυπωθεί αρκετές ανεπιβεβαίωτες θεωρίες, όπως η θεωρία Χορδών.



ΠΩΣ ΞΕΚΙΝΗΣΕ Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΣΩΜΑΤΙΔΙΟΥ HIGGS

Η ιστορία ξεκινάει πολύ παλιά, όταν ήδη από τα τέλη του 19ου αιώνα, με την εξαιρετικά επιτυχημένη ηλεκτρομαγνητική θεωρία του Maxwell στην οποία με 4 εξισώσεις ενοποίησε τον ηλεκτρισμό με το μαγνητισμό, οι φυσικοί συνειδητοποίησαν ότι ο καλύτερος τρόπος να περιγράψει κανείς τη φύση είναι με τη διαμεσολάβηση πεδίων. Τα πεδία διαδίδονται μέσω κάποιων σωματιδίων - φορέων, τα λεγόμενα μποζόνια τα οποία είναι και αυτά που αλληλεπιδρούν - εάν αλληλεπιδρούν, με την ύλη.

Έπειτα από σημαντική πρόοδο στην εξερεύνηση των πεδίων που κυβερνάνε το μικρόκοσμο, φθάνουμε στο 1964 όπου με μία σειρά από δημοσιεύσεις, πρωτοδιατυπώθηκε ο λεγόμενος σήμερα μηχανισμός Higgs, ο τρόπος με τον οποίο πιστεύουμε ότι τα σωματίδια (ακόμη και το ίδιο το Higgs) αποκτούν μάζα.

Πρώτοι χρονικά σχετικά με το μηχανισμό αυτό δημοσίευσαν οι **Robert Brout** και **François Englert** από το πανεπιστήμιο των Βρυξελλών, τον Αύγουστο του 1964. Ο πρώτος όμως ο οποίος αναφέρθηκε συγκεκριμένα σε αυτό το σωματίδιο και τις ιδιότητές του ήταν ο **Peter Higgs** (Βρετανός φυσικός. Γεννήθηκε στις 29 Μαΐου 1929 στο Νιούκαστλ, στην Αγγλία.) στη δημοσίευσή του Οκτωβρίου του ίδιου έτους με τίτλο «Σπασμένες συμμετρίες και οι μάζες των μποζονίων».

ΟΙ ΣΥΜΜΕΤΡΙΕΣ ΣΤΗ ΦΥΣΗ

Η συμμετρία αποτελεί θεμελιώδη ιδέα της Φυσικής. Γενικά, οι νόμοι της Φυσικής, εμπεριέχουν εντυπωσιακές συμμετρίες. Για παράδειγμα, οι βασικές εξισώσεις της κινηματικής είναι συμμετρικές ως προς τον χρόνο. Έτσι βλέπουμε οι εξισώσεις της κινηματικής να είναι το ίδιο αποτελεσματικές είτε έχουμε θετικούς χρόνους είτε αρνητικούς χρόνους (χρονική συμμετρία).

ΟΙ ΣΥΜΜΕΤΡΙΕΣ ΣΤΟΝ ΜΙΚΡΟΚΟΣΜΟ

Στον μικρόκοσμο, παρατηρούνται αρκετές συμμετρίες: Έτσι, οι αλληλεπιδράσεις των σωματιδίων είναι συμμετρικές ως προς τη μετατόπιση τους ως προς τον χρόνο και τον χώρο. Σαν συνέπεια αυτών των δύο συμμετριών έχουμε τη διατήρηση της ενέργειας και της ορμής, αντίστοιχα.

Η τρίτη συμμετρία έχει να κάνει με τον προσανατολισμό στο χώρο. Οι αλληλεπιδράσεις δεν εξαρτώνται από την διεύθυνση των σωματιδίων. Από αυτή τη συμμετρία προέρχεται η διατήρηση της στροφορμής του συστήματος ως προς τον χρόνο. Και τέλος υπάρχει μια συμμετρία από την οποία προέρχεται η διατήρηση του ηλεκτρικού φορτίου.

Η ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ CP

Στο χώρο των σωματιδίων, υπάρχουν τρεις κύριες συμμετρίες. Ο κατοπτρισμός ως προς τον χρόνο T (Time Reversal), ο κατοπτρισμός ως προς το χώρο (Space Inversion), που λέγεται ομοτιμία P (Parity), {**Ένα σωματίδιο που περιστρέφεται μπροστά σ' ένα καθρέπτη αριστερόστροφα, το είδωλο του περιστρέφεται δεξιόστροφα (χωρική συμμετρία)**} και τέλος ο κατοπτρισμός ως προς το φορτίο C (Charge Conjugation). Και οι τρεις λέγονται με μία λέξη CPT.

Το αναλλοίωτο των φυσικών νόμων ως προς την συζυγία του ηλεκτρικού φορτίου, είναι κάτι το αποδεδειγμένο στην Φυσική των στοιχειωδών σωματιδίων. Καμιά αλλαγή δεν παρατηρείται στην κίνηση ενός φορτίου αν αλλάξει το πρόσημο του και ταυτόχρονα η διεύθυνση του ηλεκτρικού ή μαγνητικού πεδίου μέσα στο οποίο κινείται. Οι φυσικοί νόμοι παρουσιάζονται να είναι αναλλοίωτοι στην αλλαγή των προσήμων όλων των φορτίων. Κι αυτό αναφέρεται σαν συζυγία φορτίου. Η συζυγία αυτή έχει ισχύ για όλες τις αλληλεπιδράσεις εκτός των ασθενών αλληλεπιδράσεων όπως έγινε και στην περίπτωση της ομοτιμίας.

ΠΑΡΑΒΙΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΜΕΤΡΙΑΣ CP

Είναι οι νόμοι της φύσης οι ίδιοι για την ύλη και την αντιύλη; Οι φυσικοί χρησιμοποιούν τον όρο "CP" (από το αγγλικό "charge parity") για να μιλήσουν για τη συμμετρία ύλης-αντιύλης. Αν η φύση συμπεριφέρεται στην ύλη και την αντιύλη με τον ίδιο τρόπο, τότε, οι φυσικοί θα έλεγαν ότι, η φύση έχει CP-συμμετρία. Αλλιώς, η συμμετρία CP παραβιάζεται.

Πειράματα έχουν δείξει ότι η Ασθενής Πυρηνική Δύναμη - που είναι υπεύθυνη για τη ραδιενεργό διάσπαση των σωματιδίων - πράγματι παραβιάζει τη CP-συμμετρία. Ως σήμερα η παραβίαση της CP-συμμετρίας αποτελεί ένα μυστήριο.

Η ΜΕΓΑΛΗ ΕΚΡΗΞΗ ΚΑΙ Η ΠΑΡΑΒΙΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΜΕΤΡΙΑΣ CP

Η Μεγάλη Έκρηξη θα έπρεπε να είχε φτιάξει ίσες ποσότητες ύλης και αντιύλης, με αποτέλεσμα την αλληλοεκμηδένιση τους.

Και όμως, το παρατηρούμενο σύμπαν έχει περίπου δέκα δισεκατομμύρια γαλαξίες που αποτελούνται στο σύνολό τους μόνο από ύλη (πρωτόνια, νετρόνια και ηλεκτρόνια), χωρίς καθόλου αντιύλη (αντιπρωτόνια, αντινετρόνια και ποζιτρόνια). Ελάχιστα μετά τη Μεγάλη Έκρηξη, κάποιες δυνάμεις πρέπει να προκάλεσαν την παραβίαση της CP-συμμετρίας, που κατέστρεψαν την ισότητα των σωματιδίων ύλης και αντιύλης, αφήνοντας πίσω τεράστιες ποσότητες ύλης.

ΤΟ ΥΛΟΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ ΣΥΜΠΑΝ ΚΑΙ Η ΣΥΜΜΕΤΡΙΑΣ CP

Η Ασθενής Πυρηνική Δύναμη από μόνη της μπορεί να εξηγήσει μια μικρή παραβίαση της CP-συμμετρίας, όχι αρκετή για να αφήσει ικανή ποσότητα ύλης ούτε καν για ένα γαλαξία. Κάποια άλλη κρυμμένη δύναμη - που δεν έχει ληφθεί υπόψη στο Καθιερωμένο Πρότυπο των σωματιδίων και των δυνάμεων - πρέπει να είναι υπεύθυνη για την υπόλοιπη παραβίαση της CP-συμμετρίας που οδήγησε στο σύμπαν που παρατηρούμε.

Σημερινά και μελλοντικά πειράματα σε επιταχυντές σωματιδίων έχουν σχεδιαστεί για να ψάξουν για πηγές παραβίασης της CP-συμμετρίας αρκετά μεγάλες για να εξηγούν το υλοκρατούμενο σύμπαν που παρατηρούμε γύρω μας.

ΓΙΑΤΙ ΠΡΟΤΑΘΗΚΕ Ο ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ HIGGS

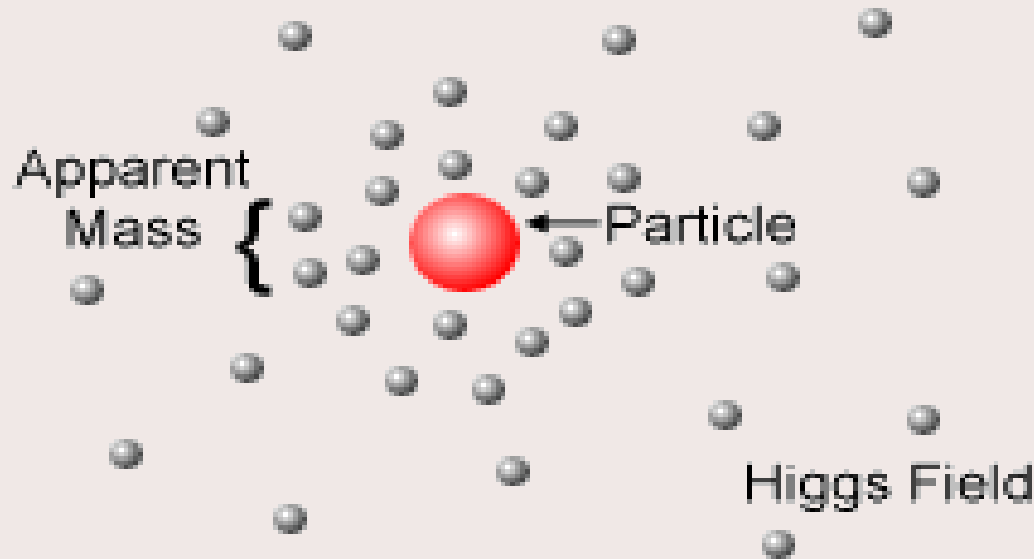
Ένα από τα ελάχιστα κομμάτια του Καθιερωμένου Μοντέλου που έμενε να επιβεβαιωθεί πειραματικά, ήταν ο μηχανισμός με τον οποίο θεωρούσαμε ότι τα σωματίδια αποκτούν μάζα (δηλαδή αδράνεια). Οι περισσότεροι θεωρούσαν ότι η μάζα είναι μια επίκτητος ιδιότητα, που το κάθε σωματίο δηλαδή φέρει από τη στιγμή της δημιουργίας του. Δυστυχώς δεν είναι έτσι τα πράγματα.

Όπως το φωτόνιο δεν έχει μάζα, έτσι και το μποζόνιο W ένας από τους διαδότες της ασθενούς αλληλεπίδρασης δεν έπρεπε να είχε μάζα. Έτσι, η ασθενής αλληλεπίδραση θα κινδύνευε να μείνει έξω απ' το παιχνίδι της συμμετρίας και η θεωρητική εξήγηση της ενοποίησης της ασθενούς δύναμης με τον ηλεκτρομαγνητισμό θα οδηγείτο σε αδιέξοδο. Εδώ λοιπόν μπαίνει στο παιχνίδι το μυστηριώδες πεδίο Higgs.

Το πεδίο αυτό μας επιτρέπει να θεωρούμε τα κβάντα όλων των αλληλεπιδράσεων σαν σωματίδια που αυτά καθαυτά δεν έχουν μάζα. Φαίνεται όμως σ' εμάς ότι έχουν, εξαιτίας της αλληλεπίδρασής τους με το πεδίο Higgs

ΤΟ ΠΕΔΙΟ HIGGS-1

Το πεδίο Χιγκς είναι ένας υποθετικός μέχρι στιγμής χώρος που αναπτύσσεται σε διαστάσεις που συνδέονται με τον χωροχρόνο στον οποίο ορίζεται η πραγματικότητα που ζούμε, φέρει ιδιαίτερες ιδιότητες και είναι μη ανιχνεύσιμος, άμεσα, από την δική μας πραγματικότητα. Μια από τις ιδιότητες του πεδίου Χιγκς είναι πως η αλληλεπίδραση των στοιχειωδών σωματιδίων με αυτό τους προσδίδει μάζα. Το πεδίο Higgs υπάρχει ανεξάρτητα από το σωματίδιο Higgs.



ΤΟ ΠΕΔΙΟ HIGGS-2

Αν και λέγεται και γράφεται ευρέως ότι το μποζόνιο του Χιγκς δίνει στα στοιχειώδη σωματίδια τη μάζα τους, αυτό δεν είναι απόλυτα σωστό. Τη μάζα τη δίνει το πεδίο του Χιγκς, το οποίο δεν την δημιουργεί εκ του μηδενός αλλά την εμπεριέχει από πριν ως ενέργεια.

Σύμφωνα με τον μηχανισμό Higgs, υπάρχει ένα βαθμωτό πεδίο Higgs που διαπερνά κάθε γωνιά του σύμπαντος. Τα αβαρή σωματίδια όπως το φωτόνιο δεν αλληλεπιδρούν καθόλου με το πεδίο Higgs, διατηρώντας στο ακέραιο την κινητική τους ενέργεια και διατρέχοντας το πεδίο Higgs με την ταχύτητα του φωτός. Ένα σωματίδιο με μάζα όπως το κουάρκ αλληλεπιδρά με το πεδίο Higgs, το επιβραδύνει μετατρέποντας κάποια από την κινητική του ενέργεια με αυτό που μας είναι γνωστό ως μάζα.

ΤΟ ΠΕΔΙΟ HIGGS-3

Χωρίς το πεδίο Higgs τίποτα στο σύμπαν δεν θα είχε μάζα, αφού η ύπαρξη του πεδίου αυτού δίνει σε όλα τα άλλα σωματίδια την μάζα τους. Υπάρχουν φυσικά και μερικά σωματίδια που δεν αντιδρούν καθόλου με το πεδίο, όπως είναι τα φωτόνια και τα γλουόνια., οπότε τα σωματίδια αυτά δεν έχουν μάζα.

ΤΟ ΣΩΜΑΤΙΔΙΟ HIGGS

Η ύπαρξη του πεδίου Higgs προϋποθέτει και την ύπαρξη του σωματιδίου Higgs - του φορέα του πεδίου αυτού. Είναι δε προφανές ότι ένα σωματίδιο με μεγάλη μάζα αλληλεπιδρά με το πεδίο Higgs - και κατ' επέκταση με το σωματίδιο Higgs - εντονότερα από ότι ένα σωματίδιο με μικρότερη μάζα. Το σωματίδιο Higgs αποκτά τη μάζα του μέσω της διαδικασίας της αυτο-αλληλεπίδρασης του πεδίου Higgs. Είναι στοιχειώδες σωματίδιο, δηλαδή δεν έχει εσωτερική δομή και δεν αποτελείται από άλλα, συστατικά σωματίδια. Οι ειδικοί το χαρακτηρίζουν εξαιρετικά ασταθές και όταν σχηματιστεί καταρρέει σχεδόν ακαριαία και δίνει άλλα υποατομικά σωματίδια.

ΠΟΥ ΜΠΟΡΟΥΜΕ ΝΑ ΒΡΟΥΜΕ ΤΟ ΜΠΟΖΟΝΙΟ HIGGS

Το μποζόνιο Higgs δεν βρίσκεται πουθενά σε σταθερή κατάσταση. Το σωματίδιο υπάρχει μόνο στιγμιαία σε συνθήκες ακραίας θερμοκρασίας, ή ενέργειας. Τέτοιες θερμοκρασίες ή ενέργειες υπήρξαν μερικές στιγμές μετά τη Μεγάλη Έκρηξη και παράγονται σήμερα στον Μεγάλο Επιταχυντή Αδρονίων (LHC) στο CERN. Το σωματίδιο μπορεί επίσης να εμφανίζεται στιγμιαία σε τυχαία συμβάντα υψηλής ενέργειας, για παράδειγμα κατά την πρόσκρουση κοσμικών ακτίνων στη γήινη ατμόσφαιρα, ωστόσο δεν είναι συστατικό της καθημερινής πραγματικότητας.

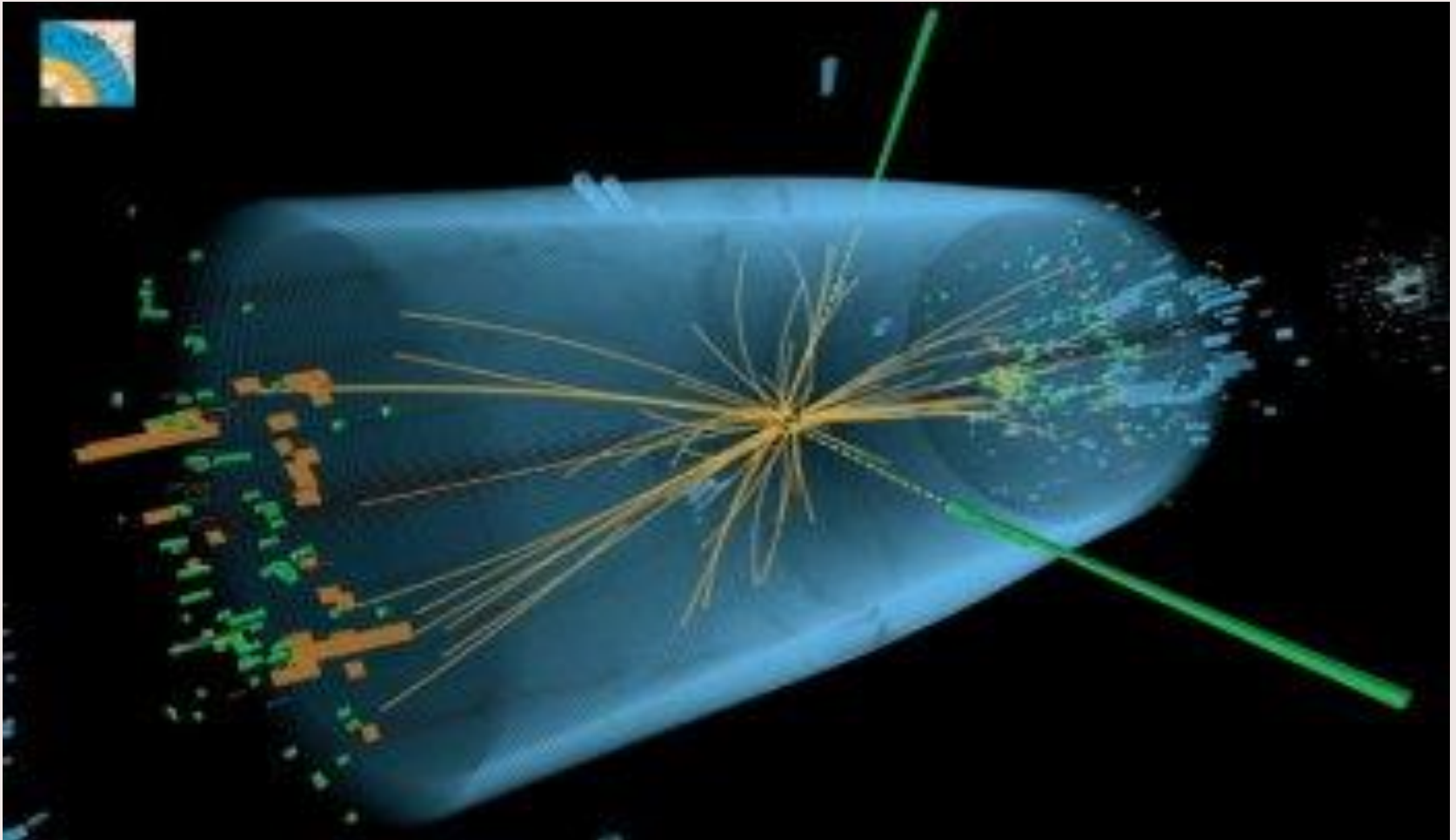
Η ΜΑΖΑ ΤΟΥ ΜΠΟΖΟΝΙΟΥ HIGGS

Καθώς τα πρωτόνια και τα αντιπρωτόνια στον LHC συγκρούονται μεταξύ τους με ταχύτητα πάνω από το 99,99% της ταχύτητας του φωτός, μέρος της ενέργειάς που δημιουργείται από την σύγκρουση μετατρέπεται σε ύλη σύμφωνα με την εξίσωση $E = m c^2$ του Αϊνστάιν . Με αυτόν τον τρόπο μπορούν να δημιουργηθούν σωματίδια με μεγαλύτερη μάζα από εκείνα που συμμετέχουν στη σύγκρουση. Η μάζα του σωματιδίου Higgs αναμενόταν να είναι 120 έως 210 φορές την μάζα που έχει το πρωτόνιο.

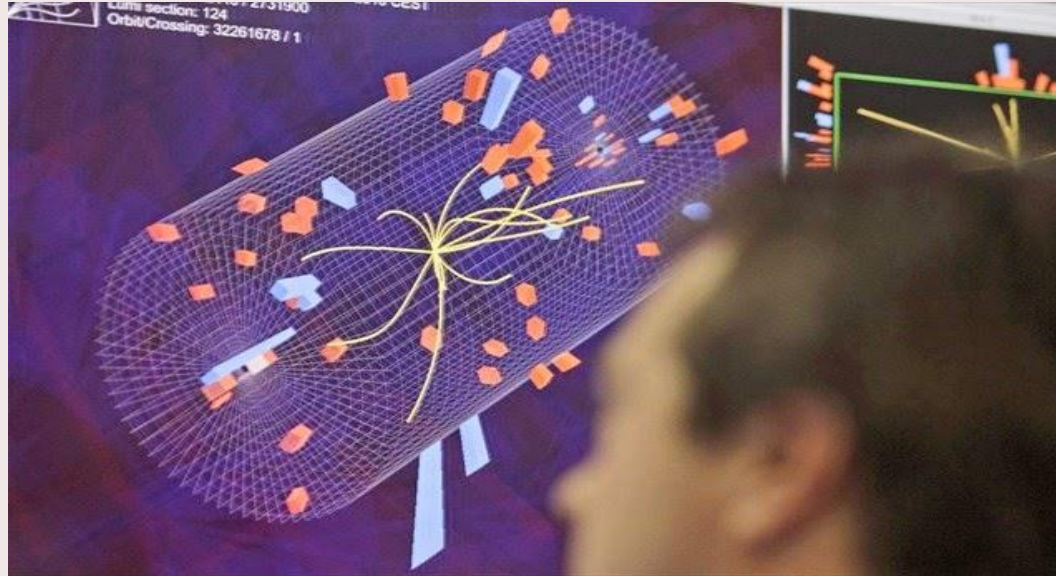
Στις 4 Ιουλίου 2012, οι επιστήμονες του CERN επιβεβαίωσαν την ανακάλυψη ενός νέου σωματιδίου με μάζα 125 GeV και σφάλμα 0,6, που σημαίνει βεβαιότητα κατά 99,99995%. Τελικά ανακοινώθηκε πως η ανάλυση των ιχνών ενός στοιχειώδους σωματιδίου που ανακαλύφθηκε στον Μεγάλο Επιταχυντή Αδρονίων (LHC) του CERN το καλοκαίρι του 2012 έδειξε ισχυρές ενδείξεις ότι είναι το μποζόνιο του Χιγκς.

ΙΧΝΗ ΤΟΥ ΜΠΟΖΟΝΙΟΥ HIGGS-1

Το ίχνος που αφήνει η διάσπαση του μποζονίου Higgs, έτσι όπως αναπαράχθηκε σε ένα γεγονός του πειράματος CMS του LHC.



ΙΧΝΗ ΤΟΥ ΜΠΟΖΟΝΙΟΥ HIGGS -2



Εικόνες στο «Higgs Hunters» (πρότζεκτ που εκπονήθηκε από Αμερικανούς και Άγγλους φυσικούς) είναι αποτυπώσεις «νεογέννητων» σωματιδίων που κινούνται με ταχύτητα κοντά στην ταχύτητα του φωτός, μέσα σε έναν τεράστιο υπόγειο ανιχνευτή. Τα στιγμιότυπα αυτά, τα οποία ελήφθησαν λίγο μετά την παραγωγή του μποζονίου, δείχνουν την ταχεία διάσπαση του «σωματιδίου του Θεού», η οποία οδηγεί στη δημιουργία νέων σωματιδίων. Ανάμεσα σε αυτά, οι επιστήμονες πιστεύουν πως υπάρχει και ένα σωματίδιο που δεν έχει παρατηρηθεί ποτέ άλλοτε.

ΣΚΟΤΕΙΝΗ ΥΛΗ

Μόνο το 4% της συνολικής μάζας του σύμπαντος μπορεί να γίνει άμεσα ορατό. Περίπου το 22-26% υπολογίζεται ότι αποτελείται από σκοτεινή ύλη. Το υπόλοιπο 70-74% αποτελείται από σκοτεινή ενέργεια, ένα ακόμα πιο περίεργο στοιχείο, διάσπαρτο στο διάστημα, το οποίο πιθανότατα δεν μπορεί να λογιστεί σαν συνήθη σωματίδια. Ο καθορισμός της φύσης αυτής της χαμένης μάζας είναι ένα από τα πιο σημαντικά προβλήματα της σύγχρονης κοσμολογίας και της φυσικής των σωματιδίων.

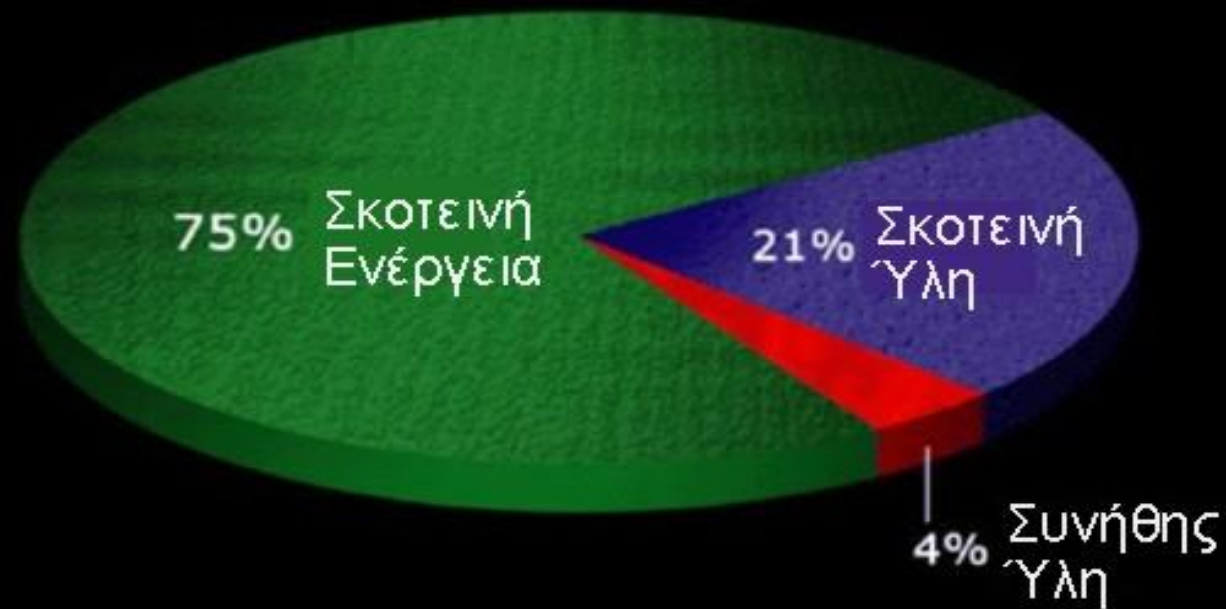


ΣΚΟΤΕΙΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η σκοτεινή ενέργεια είναι ένα υποθετικό είδος ενέργειας που διατρέχει όλο το σύμπαν και θεωρείται ότι μπορεί να εξηγήσει το γεγονός ότι το σύμπαν διαστέλλεται με επιταχυνόμενο ρυθμό. Πιστεύεται ότι αποτελεί το 74% της ολικής μάζας και ενέργειας του σύμπαντος. Η φύση της σκοτεινής ενέργειας αποτελεί μυστήριο καθώς φαίνεται να είναι ομογενής αλλά όχι πολύ πυκνή, ενώ δεν αλληλεπιδρά με καμία από τις θεμελιώδεις δυνάμεις πλην της βαρυτικής.

Η ιστορία με τη σκοτεινή ενέργεια αρχίζει το 1998, όταν δύο ανεξάρτητες ομάδες αστρονόμων ερευνούσαν για μακρινούς σούπερ νόβα, προσδοκώντας να μετρήσουν τον ρυθμό ελάττωσης της διαστολής του σύμπαντος. Ένοιωσαν λοιπόν σοκ όταν διαπίστωσαν ότι η διαστολή επιταχυνόταν. Πράγματι, το σύμπαν άρχισε να επιταχύνει τη διαστολή του, πριν από πολύ καιρό, κάπου μέσα στα 10 δισεκατομμύρια τελευταία χρόνια. Οι παρατηρήσεις των σούπερ νόβα απαιτούν την ύπαρξη μιας ουσίας που να προκαλεί την βαρυτική επιταχυνόμενη άπωση.

ΣΚΟΤΕΙΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ-ΣΚΟΤΕΙΝΗ ΚΑΙ ΣΥΝΗΘΗΣ ΥΛΗ



ΤΕΛΙΚΑ ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ ΕΠΙΤΑΧΥΝΕΤΑΙ η΄ ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΕΤΑΙ;

Οι περισσότεροι επιστήμονες, μέχρι τα τέλη σχεδόν του περασμένου αιώνα, θεωρούσαν ότι η διαστολή του Σύμπαντος επιβραδύνεται, κάτι που θεωρούνταν απολύτως φυσιολογικό, αφού σ' αυτές τις κολοσσιαίες κοσμικές κλίμακες η βαρύτητα είναι εκείνη η φυσική αλληλεπίδραση που υπερισχύει.

Και καθώς η βαρύτητα είναι πάντα ελκτική, από τη στιγμή της δημιουργίας του και μετά, από τη στιγμή δηλαδή που η Μεγάλη Έκρηξη γέννησε τον ίδιο το χώρο και το χρόνο, η διαστολή του επιβραδύνεται.

ΤΕΛΙΚΑ ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ ΕΠΙΤΑΧΥΝΕΤΑΙ η΄ ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΕΤΑΙ;

Λίγα χρόνια αργότερα, και συγκεκριμένα το 1995, μία δεύτερη ερευνητική ομάδα, η High Z Supernova Team, μπήκε στο παιχνίδι. Τα αποτελέσματα των δύο ερευνητικών ομάδων που ανακοινώθηκαν επίσημα τον Ιανουάριο και τον Φεβρουάριο του 1998 άφησαν τη διεθνή επιστημονική κοινότητα «με το στόμα ανοιχτό»! Γιατί η ανάλυση των δεδομένων, αντί απλά να οδηγήσει στον υπολογισμό του ρυθμού επιβράδυνσης της διαστολής του Σύμπαντος με περισσότερη ακρίβεια, όπως όλοι περίμεναν, οδήγησε τους ερευνητές στο ακριβώς αντίθετο, στο συμπέρασμα δηλαδή ότι η διαστολή του Σύμπαντος επιταχύνεται! Και αυτό συνέβη 5δισ χρόνια μετά την μεγάλη έκρηξη. Η δύναμη που προκάλεσε αυτήν την επιτάχυνση είναι ανάλογη της απόστασης r .

ΤΕΛΙΚΑ ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ ΕΠΙΤΑΧΥΝΕΤΑΙ η΄ ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΕΤΑΙ;

Οι επιστήμονες κατέληξαν ότι, προκειμένου να εξηγηθεί αυτή η επιταχυνόμενη κοσμική διαστολή, το συνολικό απόθεμα μάζας και ενέργειας του Σύμπαντος θα πρέπει να κυριαρχείται από ένα άγνωστο, παράξενο και βαρυτικά απωστικό «κάτι». Αυτό το κάτι το ονόμασαν «σκοτεινή ενέργεια». Και είναι πράγματι σκοτεινή γιατί, ακόμα και σήμερα, 15 χρόνια μετά την επιβεβαίωση της ύπαρξής της, η φύση της σκοτεινής αυτής ενέργειας εξακολουθεί να διαφεύγει από τους επιστήμονες.

ΠΟΣΟ «ΕΤΡΕΧΕ» ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ;

Νέα μελέτη (2014) του προγράμματος BOSS (Baryonic Oscillation Spectroscopic Survey) εντόπισε στοιχεία που αποκαλύπτουν τη διαστολή του Σύμπαντος περίπου τρία δισ. έτη μετά την γέννησή του. Διεθνής ομάδα ερευνητών με επικεφαλής επιστήμονες του Εθνικού Εργαστηρίου Lawrence Berkeley στις ΗΠΑ μελέτησε τα νέα δεδομένα και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι πριν από δέκα δισ. έτη το Σύμπαν είχε μπει σε μια φάση διαστολής η οποία οδηγούσε σε επέκταση του κατά 1% κάθε 44 εκ. έτη.

ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ ΑΙΩΝΙΟ;

Αν υποστηρίξουμε ότι το Σύμπαν είναι αιώνιο, προσκρούουμε στον Δεύτερο Νόμο της Θερμοδυναμικής, σύμφωνα με τον οποίο ένα κλειστό σε εισροή ενέργειας σύστημα όπως αυτό οδηγείται σταθερά προς μια κατάσταση μέγιστης εντροπίας. Στο πρακτικό επίπεδο αυτό σημαίνει ότι όλα τα άστρα θα εξαντλούσαν αργά ή γρήγορα τα πυρηνικά τους καύσιμα και θα έπαυαν να λάμπουν, ενώ δεν θα υπήρχε πουθενά πια απόθεμα διαστρικού αερίου ώστε να γεννηθούν νέα άστρα. Τελικά όλα τα άτομα στο Σύμπαν θα αποκτούσαν την ίδια ακριβώς θερμοκρασία και τα πάντα θα βυθίζονταν σε ένα αιώνιο σκοτάδι. Το ότι κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει αποδεικνύει ότι το Σύμπαν αποκλείεται να έχει άπειρη ηλικία.

ΠΟΙΑ ΕΙΝΑΙ ΤΑ ΟΡΙΑ ΤΟΥ ΣΥΜΠΑΝΤΟΣ;

Όρια υπάρχουν μόνο για το ορατό σύμπαν. Τα όρια του υπόλοιπου σύμπαντος μας είναι άγνωστα!

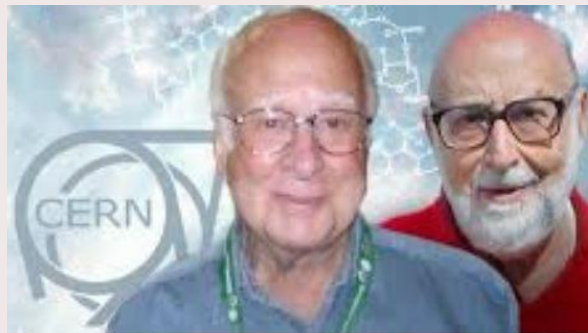


«Η ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΤΟΥ ΣΥΜΠΑΝΤΟΣ»;

Τα μακρινότερα γνωστά μέρη του σύμπαντος μας δίνουν σήμερα μια απόσταση 78 δισεκατομμύρια έτη φωτός. Το φως δεν ταξίδεψε βέβαια τόσο μεγάλη απόσταση, αλλά το αρχικό σημείο από το οποίο ξεκίνησε ένα φωτόνιο, το οποίο φτάνει στα μάτια μας σήμερα μετά από ταξίδι 13,7 δισ. χρόνων, είναι τώρα 78 δισ. έτη φωτός μακριά μας. Αυτό τον αριθμό πρέπει να θεωρούμε ως ακτίνα του σύμπαντος, και το διπλάσιό του (156 δισ. έτη φωτός), ως διάμετρο. Οι εκτιμήσεις αυτές βγήκαν από αντικείμενα που μας πηγαίνουν πίσω στο χρόνο στα 90% της ηλικίας του σύμπαντος, κι έτσι στην πραγματικότητα, τα παραπάνω νούμερα πρέπει να είναι ελαφρά μεγαλύτερα.

ΝΟΜΠΕΛ ΦΥΣΙΚΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΠΟΖΟΝΙΟ HIGGS

Ο 80χρονος Βέλγος Φρανσουά Ένγκλερτ και ο 84χρονος Βρετανός Πίτερ Χιγκς κέρδισαν το βραβείο Νόμπελ Φυσικής 2013 για το έργο τους σε ένα μικροσκοπικό σωματίδιο το οποίο πιστεύεται ότι έχει κεντρική σημασία για την εξήγηση της προέλευσης του σύμπαντος. Πρόκειται «για τη θεωρητική ανακάλυψη ενός μηχανισμού (Μηχανισμός Higgs) που συμβάλλει στην κατανόηση της προέλευσης της μάζας των υποατομικών σωματιδίων, και η οποία επιβεβαιώθηκε από την ανακάλυψη του προβλεπόμενου στοιχειώδους σωματιδίου (σωματίδιο Higgs) στα πειράματα ATLAS και CMS του Μεγάλου Επιταχυντή Αδρονίων του CERN». Ο εκλιπών Robert Brout, συνεργάτης του Καθηγητή Engler στην βραβευμένη εργασία, δεν τιμάται με το βραβείο, έστω και μετά θάνατον, διότι έτσι προβλέπει το κληροδότημα του A. Nobel.



ΤΑ ΑΝΑΠΑΝΤΗΤΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΚΑΘΙΕΡΩΜΕΝΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ

Το Καθιερωμένο Πρότυπο με τα έξι είδη κουάρκ, τα έξι λεπτόνια και τις τέσσερις δυνάμεις δίνει απάντηση σε πολλές από τις ερωτήσεις σχετικά με την υφή και την σταθερότητα της ύλης.

Το Καθιερωμένο Πρότυπο όμως αφήνει πολλές ερωτήσεις αναπάντητες:

- Γιατί υπάρχουν τρία είδη κουάρκ και λεπτόνια;
- Υπάρχει κάποιο πρότυπο για τις μάζες τους;
- Υπάρχουν, μήπως, περισσότερα είδη σωματιδίων και δυνάμεων που θα χρειαστεί ακόμη μεγαλύτερης ενέργειας επιταχυντές για να ανακαλυφθούν;
- Είναι τα κουάρκ και τα λεπτόνια στην πραγματικότητα θεμελιώδη σωματίδια ή έχουν υφή;
- Πως μπορούμε να συμπεριλάβουμε την βαρύτητα στο Καθιερωμένο Πρότυπο;
- Ποια σωματίδια αποτελούν την σκοτεινή ύλη του σύμπαντος;

ΤΑ 7 ΑΝΑΠΑΝΤΗΤΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΣΗΜΕΡΙΝΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

1. Το σωματίδιο Higgs είναι διαφορετικό σε σχέση με τα άλλα σωματίδια που γνωρίζουμε. Γιατί είναι διαφορετικό; Υπάρχουν περισσότερα σωματίδια σαν το Higgs;
2. Τα νετρίνα είναι πολύ ελαφρά σωματίδια και ανιχνεύονται δύσκολα. Επιπλέον καθώς κινούνται αλλάζουν τη ταυτότητά τους (ταλαντώσεις νετρίνων). Ποιος είναι ο ρόλος τους στην κατανόηση της φύσης;
3. Τα γνωστά σωματίδια αποτελούν περίπου το $1/6$ της συνολικής ύλης στο Σύμπαν. Το υπόλοιπο το ονομάζουμε σκοτεινή ύλη. Αλλά τι είναι η σκοτεινή ύλη; Μπορούμε να την ανιχνεύσουμε στα εργαστήριά μας; Υπάρχουν κι άλλα άγνωστα σωματίδια στη φύση;
4. Υπάρχουν 4 θεμελιώδεις δυνάμεις στη φύση. Αποτελούν τις εκδηλώσεις μιας ενιαίας δύναμης; Εκτός από τις 4 γνωστές (βαρυτική, ηλεκτρομαγνητική, ασθενής πυρηνική και ισχυρή πυρηνική – οι τρεις τελευταίες έχουν ήδη ενοποιηθεί σε μια), μήπως υπάρχουν κι άλλες άγνωστες προς το παρόν δυνάμεις;
5. Υπάρχουν νέες κρυμμένες χωροχρονικές διαστάσεις;
6. Η ύλη και η αντιύλη δημιουργήθηκαν μαζί κατά την Μεγάλη Έκρηξη, αλλά σήμερα ο κόσμος μας είναι φτιαγμένος μόνο από ύλη. Γιατί;
7. Γιατί η διαστολή του Σύμπαντος είναι επιταχυνόμενη ή τι ακριβώς είναι η σκοτεινή ενέργεια στην οποία αποδίδεται αυτή η επιτάχυνση;

Η ΘΕΩΡΙΑ ΤΩΝ ΧΟΡΔΩΝ

Η θεωρία χορδών προτείνει ότι οι θεμελιώδεις δομικοί λίθοι του σύμπαντος δεν είναι σημειακά σωματίδια, αλλά μονοδιάστατες χορδές. Αυτά που αντιλαμβανόμαστε ως σωματίδια είναι στην πραγματικότητα δονήσεις βρόχων από χορδές, η καθεμία με τη δική της χαρακτηριστική συχνότητα.



ΥΠΕΡΧΟΡΔΕΣ

Οι πρώτοι υπολογισμοί με βάση την έννοια ΧΟΡΔΗ δεν ήταν ενθαρρυντικοί και οι θεωρητικοί κατέφυγαν στη βοήθεια της Υπερσυμμετρίας. Οι χορδές έγιναν ΥΠΕΡΧΟΡΔΕΣ.

Η Υπερσυμμετρία ωστόσο έφερε και έναν καλεσμένο έκπληξη, το σωματίδιο βαρυτόνιο τον αγγελιαφόρο της βαρύτητας. Οι φυσικοί εισήγαγαν στη θεωρία των Υπερχορδών και τη Βαρύτητα. Η θεωρία των Υπερχορδών ΔΕΙΧΝΕΙ ΝΑ ΥΠΟΣΧΕΤΑΙ ΤΗΝ ΤΟΣΟ ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΗ ΕΝΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΤΕΣΣΑΡΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΤΟΥ ΣΥΜΠΑΝΤΟΣ.

Η θεωρία των Υπερχορδών μας λέει ότι οι υπερχορδές έχουν ένα ελάχιστο μήκος στα 10^{-33} εκατοστά που δεν είναι άλλο από το λεγόμενο «μήκος του Planck» στο οποίο η βαρύτητα θεωρείται ισοδύναμη με τις άλλες αλληλεπιδράσεις. Κεντρική θεώρηση είναι ότι καθένα από τα σωματίδια Ύλης/ μάζας και Ύλης/ ακτινοβολίας, είναι μία συγκεκριμένη ΕΚΔΗΛΩΣΗ ΤΩΝ ΔΟΝΗΣΕΩΝ ΤΩΝ ΥΠΕΡΧΟΡΔΩΝ.



ΥΠΕΡΣΥΜΜΕΤΡΙΑ – ΥΠΕΡΣΥΜΜΕΤΡΙΚΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ

Η υπερσυμμετρία, είναι μια προτεινόμενη ιδιότητα του σύμπαντος. Η υπερσυμμετρία απαιτεί κάθε τύπος σωματιδίου να έχει ένα αντίστοιχο υπερσυμμετρικό σωματίδιο που ονομάζεται υπερσύντροφος. Παραδείγματος χάριν, ο υπερσύντροφος ενός ηλεκτρονίου (φερμιόνιο) ονομάζεται υπερηλεκτρόνιο (μποζόνιο).



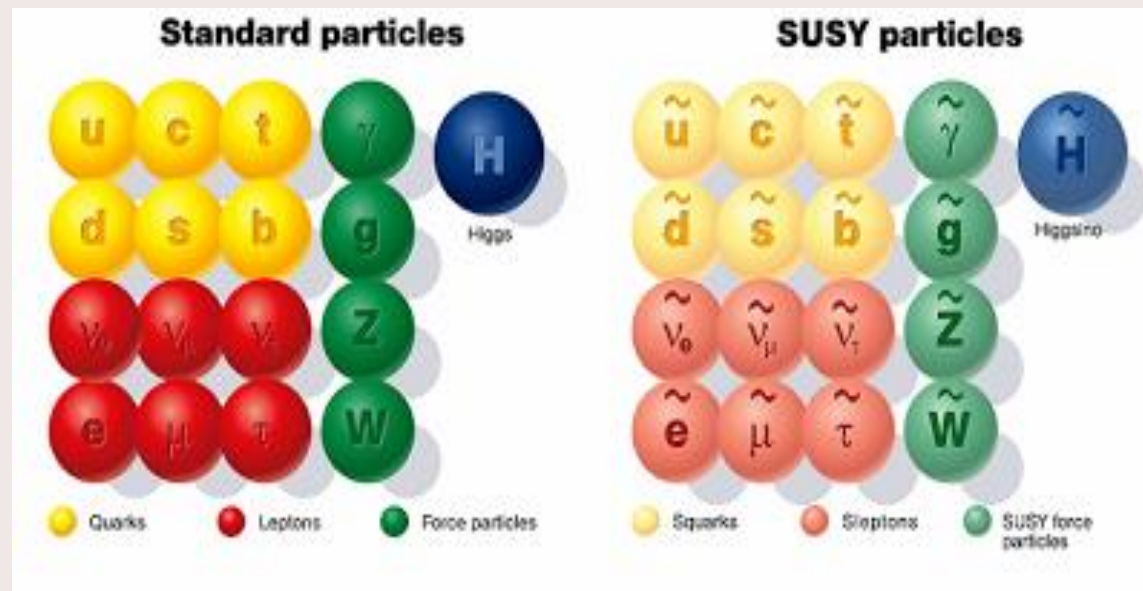
ΥΠΕΡΣΥΜΜΕΤΡΙΑ – ΥΠΕΡΣΥΜΜΕΤΡΙΚΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ

Η υπερσυμμετρία περιγράφει έναν μεγαλοπρεπή χορό σωματιδίων του σύμπαντος, μα μπορούμε αυτή τη στιγμή να δούμε μόνο τον ένα παρτενέρ από το ζευγάρι. Το αφανές σωματίδιο μπορεί να είναι η πηγή της μυστηριώδους "σκοτεινής ύλης" στους γαλαξίες. Παρότι οι υπερσύντροφοι δεν έχουν ακόμα παρατηρηθεί στη φύση, ίσως να παραχθούν σε επιταχυντές σωματιδίων πάνω στη Γη.



ΥΠΕΡΣΥΜΜΕΤΡΙΑ – ΥΠΕΡΣΥΜΜΕΤΡΙΚΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ

Βασική συνέπεια της υπερσυμμετρίας είναι η εμφάνιση "αδελφών" σωματιδίων για κάθε υπάρχον σωματίδιο, με διαφορετικές αλλά παρεμφερείς ιδιότητες. Έτσι για κάθε κουάρκ θα υπάρχει ένα άλλο σωματίδιο, το υπερσυμμετρικό κουάρκ (s-quark), ίσου φορτίου αλλά διαφορετικής μάζας, και για κάθε λεπτόνιο το αντίστοιχο υπερσυμμετρικό λεπτόνιο (s-lepton). Οι φορείς των δυνάμεων, όπως τα φωτόνια και τα W και Z, θα έχουν επίσης "αδελφά" σωματίδια, το δε μποζόνιο higgs θα συμπληρωθεί από τουλάχιστον άλλα τέσσερα σωματίδια.



ΤΑ ΝΕΤΡΑΛΙΝΑ

Τα νετραλίνα (ή νουτραλίνα) είναι υποθετικά σωματίδια που μπορεί να εξηγήσουν από τι είναι φτιαγμένη η σκοτεινή ύλη. Οι θεωρίες Υπερσυμμετρίας προβλέπουν ότι τα νετραλίνα είναι στενά συνδεδεμένα με τους πολύ γνωστούς φορείς της ηλεκτρασθενούς δύναμης (φωτόνια, W και Z μποζόνια) και τα μποζόνια Higgs.

ΥΠΕΡΣΥΜΜΕΤΡΙΑ – ΥΠΕΡΣΥΜΜΕΤΡΙΚΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ

Τα παραπάνω είναι απλά προβλέψεις της θεωρίας και δεν έχουν ακόμα επιβεβαιωθεί, πιθανόν γιατί οι μάζες τους είναι τόσο μεγάλες που οι σημερινοί επιταχυντές δεν μπορούν να τα παράγουν. Οι επιστήμονες του CERN, ήδη, κάνουν σχέδια για έναν ακόμα πιο γιγάντιο κυκλικό επιταχυντή διαμέτρου 80 έως 100 χιλιομέτρων, που θα είναι έως επτά φορές ισχυρότερος από τον τωρινό.

