

ΕΚΤΑΚΤΗ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 30ΗΣ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2001

ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΚΟΝΟΜΗ

Ε Π Ι Σ Η Μ Η Υ Π Ο Δ Ο Χ Η
ΤΟΥ ΑΝΤΕΠΙΣΤΕΛΛΟΝΤΟΣ ΜΕΛΟΥΣ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ
κ. ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΠΑΣΧΟΥ

ΧΑΙΡΕΤΙΣΜΟΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΡΟΕΔΡΟ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ κ. ΝΙΚΟΛΑΟ ΚΟΝΟΜΗ

Ἀρχίζει ἡ Ἑκτακτὴ Συνεδρία τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν ποὺ εἶναι ἀφιερωμένη στὴν ἐπίσημη ὑποδοχὴ τοῦ ἀντεπιστέλλοντος μέλους τῆς Ἑμμανουήλ Α. Πάσχου. Ἡ συνεδρία ἐκτὸς ἀπὸ τὸ σύντομο χαιρετισμὸ ἀπὸ τὸν ὀμιλοῦντα περιλαμβάνει προσφώνηση μὲ σύντομη παρουσίαση τοῦ ἔργου τοῦ κ. Πάσχου ἀπὸ τὸν ἀκαδημαϊκὸ Γεώργιο Κοντόπουλο καὶ τὸ νέο ἀντεπιστέλλον μέλος μετὰ τὴν ἐπίδοση τοῦ διπλώματος καὶ τοῦ διασήμου τῆς Ἀκαδημίας θὰ ὀμιλήσει μὲ θέμα «Τὰ στοιχειώδη σωματῖα στὴν ἐξέλιξη τοῦ σύμπαντος».

Ἀγαπητὲ συνάδελφε,

Μὲ χαρὰ σᾶς ὑποδεχόμαστε σήμερα ἐπίσημα στὴν αἴθουσα αὐτὴ καὶ εἶναι ἡ χαρὰ μας πολλή γιατί μὲ τὴν εἴσοδό σας ἐνισχύεται ἡ μελέτη τοῦ σύμπαντος στὸν οἶκο τῆς Ἀκαδημίας. Τέκνον τῆς εὐάνδρου Βεροίας, μετὰ τίς γυμνασιακὲς σπουδὲς μεταβήκατε στὶς ΗΠΑ ὅπου πήρατε τὸ πτυχίό σας τὸ 1962 ἀπὸ τὸ City College τῆς Νέας Ὑόρκης καὶ ἐκπονήσατε τὴ διδακτορικὴ σας διατριβὴ στὸ Πανεπιστήμιο Cornell, τὸ 1967 διακονήσατε τὴν ἐπιστήμη σας στὴν Ἀμερικὴ καὶ εἴστε ἀπὸ τὸ 1978 τακτικὸς καθηγητὴς τῆς θεωρητικῆς φυσικῆς στὸ Πανεπιστήμιο τῆς πόλης Dortmund τῆς Γερμανίας. Εἴσθε διεθνῶς γνωστὸς μὲ τὴ θεωρία σας γιὰ τὸ μοντέλο τῶν πάρτων. Τὴ θεωρία δηλαδὴ ποὺ ἀσχολεῖται μὲ τὰ βασικὰ στοιχειώδη σωματῖα ὅπως εἶναι τὰ πρωτόνια καὶ τὰ νετρόνια ποὺ ἀποτελοῦν τὸ ἄτομο.

Καὶ πάλι καλῶς ὄρισάτε στὴν Ἀκαδημία. Ἐκ μέρους τοῦ σώματος σᾶς ἀπευθύνω καὶ ἐπισήμως τίς καλύτερες εὐχὲς ὅλων μας μαζί μὲ τὴ βεβαιότητά μας ὅτι θὰ συνεχίσετε πολλὰ χρόνια τὴν παραγωγικὴ δράση σας.

ΠΡΟΣΦΩΝΗΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ κ. ΓΕΩΡΓΙΟ ΚΟΝΤΟΠΟΥΛΟ

Ὁ κ. Πάσχος γεννήθηκε τὸ 1940 στὴ Βέροια. Μετὰ τὶς γυμνασιακὰς του σπουδὰς στὴ Θεσσαλονικὴ μετέβη στὶς ΗΠΑ ὅπου πῆρε πτυχίον τὸ 1962 ἀπὸ τὸ City College, New York, καὶ διδακτορικὸ φυσικῆς (PhD) τὸ 1967 ἀπὸ τὸ Cornell University.

Διατέλεσε:

- Research Associate στὸ Πανεπιστήμιον τοῦ Stanford, 1967-1969.
- Research Associate στὸ Πανεπιστήμιον τοῦ Rockefeller, 1969-1971.
- Assistant Physicist στὸ Fermi National Accelerator Laboratory, 1971-1975.
- Adjunct Professor στὸ Πανεπιστήμιον τοῦ Wisconsin, Madison, 1974-1975.
- Associate Physicist στὸ Brookhaven National Laboratory, 1975-1978.
- Full Professor of Theoretical Physics στὸ Πανεπιστήμιον Dortmund, Germany, 1978 ὡς τὴν ὥρην.

Γιὰ ὀρισμένα διαστήματα ὑπῆρξε ἐπισκέπτῃς ἐρευνητῆς εἰς τὰ ἐξῆς πανεπιστήμια ἢ ἰδρύματα:

- Η.Π.Α.: Πανεπιστήμιον τῆς California, Santa Barbara, Πανεπιστήμιον Brown, καὶ Πανεπιστήμιον τοῦ Ohio State.
- Ἑλβετία: CERN.
- Ἰταλία: Πανεπιστήμιον τῆς Pisa.
- Γερμανία: Max Planck Institut, Μόναχο.
- Ἀγγλία: Rutherford Laboratory.

Εἶναι Fellow τῆς American Physics Society, τῆς Deutsche Physikalische Gesellschaft, πρόεδρος τῆς Ἑταιρείας Ἑλλήνων Ἐπιστημόνων στὴν Πηναιία - Βεστροφιλία, καὶ Fellow τοῦ Institute for Advanced Study, Princeton.

Ἵπῆρξε distinguished Professor of Physics εἰς τὸ Πανεπιστήμιον τοῦ Ohio State.

Ἐδίδαξε στὰ Πανεπιστήμια Dortmund καὶ Wisconsin τὰ ἐξῆς μαθήματα:

- (1) Γενικὴ Φυσικὴ, (2) Προκεχωρημένη Κβαντομηχανικὴ, (3) Εἰδικὰ Προβλήματα τῆς Κλασικῆς Θεωρίας Πεδίου, (4) Κβαντικὴ Ἡλεκτροδυναμικὴ καὶ Θεωρία Πεδίου, (5) Εἰσαγωγὴ στὴ Θεωρία τῶν Στοιχειωδῶν Σωματίων, (6) Ἡλεκτροασθενὴς Θεωρία καὶ Κβαντικὴ Χρωμοδυναμικὴ, καὶ (7) Ἐφαρμογὰς τῶν Ὁμάδων Lie στὴ Φυσικὴ.

Ήταν επόπτης 15 διδακτορικών διατριβών.

Έλαβε διάφορες ενισχύσεις (grants) από εταιρείες και υπουργεία, και από την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Συμμετείχε σε διάφορες επιτροπές στην Ελλάδα και στη Γερμανία.

Επιστημονικό Έργο

Ο κ. Πάσχος έχει δημοσιεύσει περίπου 120 εργασίες σε αξιόλογα διεθνή περιοδικά και τὰ ἐξῆς βιβλία:

1. Έκδότης τῶν Πρακτικῶν τοῦ International Neutrino Conference 1984 (με τὸν κ. K. Kleinknecht).
2. Συγγραφεὺς τοῦ βιβλίου «The Schemata of the Stars» (με τὸν κ. P. Sotiroudis) ἀγγλικά (World Scientific Publication 1999) καὶ ἐλληνικά (Θεσσαλονίκη 1998).

Ἐπίσης ἐδημοσίευσε τὸ Physics Report «Quark Mixing and CP-Violation 1989». Τὸ ἔργο του ἀναφέρεται στὴν Θεωρητικὴ Φυσικὴ Ὑψηλῶν Ἐνεργειῶν.

1) Ήταν ἀπὸ τοὺς πρώτους πὺ ἀνακάλυψαν τὸ μοντέλο τῶν Partons στὸ πρωτόνιο καὶ τὸ νετρόνιο. Τὸ μοντέλο αὐτὸ ἀποτελεῖται ἀπὸ 3 quarks πὺ λέγονται «valence quarks» καὶ ἓνα νέφος ἀπὸ quarks καὶ antiquarks. Ἡ θεωρία αὐτὴ διατυπώθηκε ἀπὸ τοὺς Bjorken and Paschos τὸ 1969 καὶ ἀπὸ τὸν Feynman (βραβεῖο Nobel) τὸ 1969. Ἀναγνωρίζεται ὅμως ὅτι «ἡ πρώτη μορφή τῆς θεωρίας αὐτῆς διατυπώθηκε ἀπὸ τὸν Bjorken καὶ τὸν συνεργάτη του Emmanuel Paschos στὸ SLAC» (Βιογραφία τοῦ Richard Feynman ἀπὸ τοὺς John καὶ Mary Griffin). Παρόμοια γράφει ὁ Michael Riordan στὸ βιβλίο του «The Hunting of the Quark» (Τὸ κυνήγι τοῦ Quark). Ὁ ἴδιος ὁ Feynman γράφει στὴν προσκεκλημένη ὁμιλία του γιὰ τὰ «Partons», στὸ συνέδριο «The past decade in Particle Theory» University of Austin 1970: «Ὅπως εἶπε ὁ Πάσχος, βεβαίως ὑπάρχουν ἑκατομμύρια ζεύγη ἀπὸ quarks καὶ antiquarks» (δηλαδὴ ἀπὸ ὕλη καὶ ἀντιύλη)

Ὅπως εἶναι γνωστὸ ὁ Gell-Mann πῆρε βραβεῖο Nobel γιὰ τὸ μοντέλο τῶν quarks τὸ 1969. Ἀλλὰ ἡ ὑπαρξὴ τῶν ζευγῶν quarks καὶ antiquarks, πὺ προέρχονται ἀπὸ τὴν ἀκτινοβολία τῶν gluons (τῶν συνδετικῶν κρίκων τῶν quarks), προσέθεσε νέα στοιχεῖα στὴν θεωρία καὶ ἡ πειραματικὴ ἐπαλήθευση τοῦ μοντέλου τῶν quarks (ἢ partons) ἀπὸ τοὺς Friedman, Kendall καὶ Taylor τοὺς ἔδωσε τὸ βραβεῖο Nobel τὸ 1990.

2) Δεύτερο θέμα ἐρεῦνης τοῦ κ. Πάσχου ἦταν οἱ συνέπειες τῆς ἀνακαλύψεως τῶν Οὐδετέρων Ρευμάτων (Neutral Currents). Μιὰ σχέση πὺ δίνει τὴν λεγόμενη

«γωνία Weinberg» στα ουδέτερα ρεύματα είναι γνωστή ως «Σχέση Paschos-Wolfenstein». Η σχέση αυτή ανακαλύφθηκε θεωρητικά το 1970 και προβλέπει ότι τα ουδέτερα ρεύματα είναι πάνω από 10% των φορτισμένων ρευμάτων. Έπομένως οι Paschos και Wolfenstein συνεπέραναν ότι τα ρεύματα αυτά θα μπορούσαν να παρατηρηθούν πειραματικά. Η πειραματική παρατήρηση έγινε πράγματι το 1973 και απέτέλεσε την κυριώτερη επαλήθευση του μοντέλου (του standard model) για το οποίο πήραν το βραβείο Nobel οι Weinberg, Glashow και Salam το 1979.

3) Συνέβαλε στην Ήλεκτροασθενή θεωρία, επεκτείνοντας τον μηχανισμό των Glashow, Piopoulos and Miani, οι οποίοι βρήκαν το τέταρτο quark. Ο Πάσχος επεξέτεινε τη θεωρία αυτή σε περισσότερα ζεύγη quarks. Και πράγματι παρατηρήθηκαν δύο ακόμη quarks αργότερα.

4) Εργάστηκε στις άσυμμετρίες CP των μεσονίων B και K. Οι άσυμμετρίες CP (Charge-Parity) αναφέρονται σε διαφορά μεταξύ σωματίων (ύλης) και αντισωματίων (άντιύλης) σε συνδυασμό με τη διαφορά αρτιότητας, που σχετίζεται με τη φορά περιστροφής. Η άσυμμετρία CP εξηγεί γιατί δημιουργήθηκε στο Σύμπαν περισσότερη ύλη παρά άντιύλη και αυτό έχει πολύ μεγάλη κοσμολογική σημασία.

Υπάρχουν πάνω από 2.500 αναφορές τρίτων στις εργασίες του κ. Πάσχου.

Γενικά ο κ. Πάσχος απολαμβάνει μεγάλης εκτιμήσεως από την επιστημονική κοινότητα των υψηλών ενεργειών.

Έκτος του επιστημονικού του έργου ο κ. Πάσχος έχει δείξει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την ανάπτυξη της επιστήμης στην Ελλάδα, όπως αποδεικνύεται από την συμμετοχή του σε ελληνικές επιτροπές στον Δημόκριτο και στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Αισθάνομαι ιδιαίτερα εύτυχης που παρουσιάζω σήμερα τον κ. Πάσχο και του εύχομαι κάθε επιτυχία στο επιστημονικό του έργο, το όποιο συνεχίζει με μεγάλη δραστηριότητα μέχρι σήμερα.

ΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ ΣΤΗΝ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΣΥΜΠΛΑΝΤΟΣ

ΟΜΙΛΙΑ ΤΟΥ ΑΝΤΕΠΙΣΤΕΛΛΟΝΤΟΣ ΜΕΛΟΥΣ κ. ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ Α. ΠΑΣΧΟΥ

Κύριε Πρόεδρε τῆς Ἀκαδημίας,

Κυρία καὶ Κύριοι συνάδελφοι Ἀκαδημαϊκοί,

Κύριε Ὑπουργέ,

Κυρίες καὶ Κύριοι,

Εὐχαριστῶ θερμότατα τὸν πρόεδρο κ. Κονομῆ καὶ τὸν ἀκαδημαϊκὸ κ. Κοντόπουλο γιὰ τὰ καλὰ τους λόγια. Εἶναι μεγάλη τιμὴ γιὰ μένα νὰ ἀνήκω, ὡς ἀντεπιστέλλον μέλος, στὴν Ἀκαδημία Ἀθηνῶν, τῆς ὁποίας τὰ κριτήρια εἶναι αὐστηρὰ καὶ ἡ ἀπῆχσή της παγκόσμια. Πέραν ἀπὸ τὴν τιμητικὴ διάκριση θεωρῶ χρέος νὰ συνεισφέρω στὴν ἀνάπτυξη τῆς ἐπιστῆμης διεθνῶς καὶ ἰδιαίτερα στὴν Ἑλλάδα.

Θὰ ἤθελα νὰ ἐκφράσω τὴν εὐγνωμοσύνη μου πρὸς τοὺς διδασκάλους καὶ καθηγητὲς μου στὴν Ἑλλάδα καὶ τὴν Ἀμερικὴ, ἀπὸ τοὺς ὁποίους ἔμαθα νὰ ἐρευνῶ τὰ μυστικὰ τῆς Φύσεως. Ἰδιαίτερα τοὺς καθηγητὲς μου Bethe, Carruthers, Kinoshita, K. Wilson, Gottfried καὶ Yennie στὸ Πανεπιστήμιο Cornell, τοὺς καθηγητὲς Bjorken καὶ Drell στὸ Πανεπιστήμιο Stanford. Πολλοὺς θὰ ἤθελα νὰ εὐχαριστήσω, ἀλλὰ ὁ χρόνος δὲν τὸ ἐπιτρέπει, νὰ τοὺς ἀναφέρω ὀνομαστικῶς. Ἰδιαίτερα εὐχαριστῶ τοὺς συναδέλφους μου στὸ Πανεπιστήμιο Dortmund καὶ τοὺς συνεργάτες μου ἀπὸ ἕλες τὶς γωνιὲς τῆς γῆς. Κοντὰ σ' αὐτοὺς πρέπει νὰ ἀναφερθῶ στὴν οἰκογένειά μου, τὴ σύζυγό μου, τὰ παιδιὰ καὶ τὰ ἀδέρφια μου, ποὺ ἔδειξαν κατανόηση καὶ ὑπομονὴ ἀναλαμβάνοντας πολλὰ φορὲς ὑποχρεώσεις ποὺ ἦταν δικές μου.

Ἰδιαίτερη εὐγνωμοσύνη ὀφείλω στοὺς γονεῖς μου, ποὺ μετέδωσαν σὲ μένα τὴν ἀγάπη γιὰ τὴ γνώση καὶ τὰ γράμματα. Ἡ ἀγάπη τους πρὸς τὴ γνώση ἦταν τόσο μεγάλη, ὥστε θεωροῦσαν τὴν μόρφωση τῶν παιδιῶν τους σὰν ἐπέκταση τῆς δικῆς τους ἐπιθυμίας γιὰ μόρφωση.

Σ' αὐτὸ τὸ σημεῖο θὰ ἤθελα νὰ ἀναφερθῶ γιὰ λίγο στὴν ἐκπαίδευσή μου πρὶν ἀπὸ τὸ Πανεπιστήμιο. Ὁ κ. Κοντόπουλος περιέγραψε γενναϊόδωρα τὴ σταδιοδρομία μου.

Στὸ Γυμνάσιο στὴ Θεσσαλονίκη εἶχα τὴν εὐκαιρία νὰ μελετήσω θέματα πέραν ἀπὸ τὰ ὑποχρεωτικὰ μαθήματα καὶ ἀγόρασα βιβλία τοῦ Πανεπιστημίου ποὺ διάβαζα. Μερικὰ ἀπὸ αὐτὰ βρίσκονται ἀκόμη στὴ βιβλιοθήκη μου καὶ παρουσιάζω στὴν πρώτη εἰκόνα τρία ἀπὸ τὰ ἐξώφυλλά τους:

Δ. ΧΟΝΔΡΟΤ
ΓΑΛΤΙΟΥ ΚΑΘΗΓΗΤΟΥ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΕΝ ΤΩ ΔΗΜΟΚΡΙΤΩ
 ΕΘΝΙΚΩ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΩ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΩ

ΜΑΘΗΜΑΤΑ
 ΦΥΣΙΚΗΣ

ΠΡΟΣ ΧΡΗΣΙΝ
 ΤΩΝ ΠΡΩΤΟΕΤΩΝ ΦΟΙΤΗΤΩΝ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ
 ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

ΤΟΜΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΣ
 ΟΠΤΙΚΗ — ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ — ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ
 ΕΚΔΟΤΙΚΟΝ ΒΙΒΛΙΟΠΩΛΕΙΟΝ
 Η. ΤΖΑΚΑ & Σ. ΔΕΛΑΓΡΑΜΜΑΤΙΚΑ
ΟΔΟΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ 11
 1925

ΙΩΑΝΝΟΥ Ν. ΞΑΝΘΑΚΗ
Υακτιλλού Καθηγητού Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης

ΜΑΘΗΜΑΤΑ
 Γενικών Μαθηματικῶν

Διδασχθέντα
 Κατά τὰ Ἀκαδημαϊκὰ ἔτη 1945-1948 ἐς
 τοὺς φοιτητὰς τῆς Γεωπονίας, Δασο-
 λογίας καὶ Χημείας τοῦ
 Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης

~ ~ ~ ~ ~
 X

Θεσσαλονίκη, 1948

Κ. Δ. ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΥ

ΓΕΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

ΤΟΜΟΣ ΤΡΙΤΟΣ

ΑΤΟΜΙΚΗ
 ΚΑΙ
 ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

ΑΘΗΝΑΙ • 1956

Εικόνα 1: Τρία Έλληνικά επιστημονικά βιβλία που χρησιμοποιούνταν την δεκαετία τοῦ 1950-60.

«Ἡ Φυσική» τοῦ Χόνδρου, «Τὰ Μαθηματικά» τοῦ Ξανθάκη, «Ἡ Ἀτομική καὶ Πυρηνική Φυσική» τοῦ Καίσαρα Ἀλεξόπουλου, τὸν ὁποῖο εἶχα τὴν εὐτυχή εὐκαιρία νὰ συναντήσω ἀργότερα καὶ χαίρομαι ιδιαίτερα πὺ βρίσκεται σήμερα μαζί μας.

Καὶ τώρα στὸ κύριο θέμα:

Διάλεξα τὸν τίτλο «Τὰ στοιχειώδη σωματίδια στὴν ἐξέλιξη τοῦ Σύμπαντος», διότι θέλω νὰ καλύψω δύο θέματα ἀπὸ τὴ δική μου ἔρευνα καὶ νὰ τὰ περιγράψω μέσα στὸ γενικὸ πλαίσιο τῆς ἐξελίξεως τοῦ σύμπαντος.

Τὰ ἄστρα, ὅπως τὰ παρατηροῦμε στὸ νυχτερινὸ οὐρανὸ, φαίνονται σὰν κοσμήματα καρφωμένα στὸν οὐράνιο θόλο. Πράγματι τὸ ΣΥΜΠΑΝ μοιάζει μὲ ἓνα μεγάλο κόσμημα, δηλαδή ἓνα στολίδι καὶ γι' αὐτὸ τὸ λόγο, ὁ ἀρχαῖος Πυθαγόρας ὀνόμασε τὸν οὐρανὸ ΚΟΣΜΟΝ[1], ἓνας ὄρος πὺ χρησιμοποιοῖται παγκόσμια. Ἡ εἰκόνα αὐτὴ ἐπαληθεύεται μὲ παρατηρήσεις στὸν 20ὸν αἰῶνα, ὅταν ἀνακαλύφθηκαν πολλοὶ γαλαξίες. Ἡ δευτέρη εἰκόνα παρουσιάζει ἓνα τμήμα ἀπὸ τὸ βάθος τοῦ σύμπαντος, ὅπως παρατηρήθηκε μὲ τὸ τηλεσκόπιο Hubble, τοποθετημένο σὲ δορυφόρο.

Σήμερα γνωρίζουμε ὅτι τὸ ΣΥΜΠΑΝ εἶναι ἓνα δυναμικὸ σύνολο, πὺ ἐξελίσσεται συνέχεια. Σὲ κάθε ἀστὲρὶ ὑπάρχουν δυνάμεις πὺ προσδιορίζουν τὸ μέλλον του. Ἡ δύναμη τῆς βαρύτητας συμπιέζει τὴν ὕλη προσπαθώντας νὰ τὸ συντρίψει σὲ μιὰ μικρὴ σφαῖρα, ἐνῶ ἡ θερμοπυρηνικὴ καὶ ἡ ἠλεκτρικὴ δύναμη ἀντιστέκονται στὴν ἔλξη τῆς βαρύτητας. Τέσσερις δυνάμεις προσδιορίζουν τὴν ἐξέλιξη τῶν ἀστέρων:

1. Βαρύτητα: προσδιορίζει φαινόμενα τῆς ἀστρονομίας καὶ κοσμολογίας.
2. Ἀσθενὴς Δύναμη
3. Ἡλεκτρομαγνητισμὸς
4. Ἴσχυρὴ Δύναμη: προσδιορίζει τὶς Πυρηνικὲς Ἀντιδράσεις.

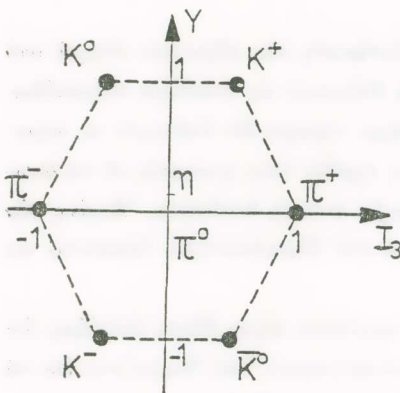
Τὰ τελευταῖα 30-40 χρόνια μὲ νέες ἀνακαλύψεις στὰ ἐργαστήρια ἔχουμε κατανοήσει πολλὲς ιδιότητες τῶν δυνάμεων καὶ τῶν σωματιδίων στὰ ὁποῖα ἐπιδροῦν. Ταυτοχρόνως, ὑπάρχουν ἀστρονομικὰ φαινόμενα τὰ ὁποῖα δὲν ἐξηγοῦνται μόνον μὲ τὴ βαρύτητα, ἀλλὰ περιλαμβάνουν ἐπίσης τὴ συστηματικὴ ἐξέλιξη ἀντιδράσεων τῶν στοιχειωδῶν σωματιδίων. Τέλος, μερικὰ σωματίδια ἀνακαλύφθηκαν στὴν κοσμικὴ ἀκτινοβολία, πὺ εἶναι μιὰ ἀκτινοβολία σωματιδίων, ἡ ὁποῖα συνεχῶς βομβαρδίζει τὴ γῆ. Τὸ γεγονός ὅτι τὸ ΣΥΜΠΑΝ σὲ μεγάλες ἀποστάσεις (Μακρόκοσμος) σχετίζεται μὲ ἀντιδράσεις σὲ πολὺ μικρὲς ἀποστάσεις (Μικρόκοσμος) εἶναι μιὰ ἀπὸ τὶς σημαντικὲς ἀνακαλύψεις τῶν τελευταίων σαράντα χρόνων. Ἡ συμβίωση καὶ συνεργασία τῆς κοσμολογίας μὲ τὴ Φυσικὴ τῶν στοιχειωδῶν σωματιδίων ἔχει ὀδηγήσει στὴν ἀλματώδη ἀνάπτυξη τῶν γνώσεών μας.

Ο κλάδος τών στοιχειωδών σωματίων είναι τὸ πεδίο τῆς ἔρευνάς μου καὶ ἀποφάσισα νὰ περιγράψω δύο θέματα, πού σχετίζονται μὲ τὶς ἐργασίες μου:

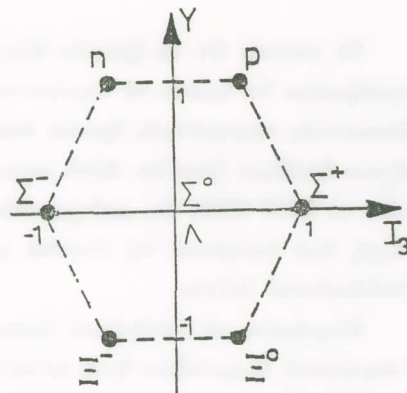
- 1) Τὸ Μοντέλο τών Quarks-Partons,
- 2) Τῆ δημιουργία καὶ ἐπιβίωση τῆς ὕλης.

Σήμερα πιστεύουμε ὅτι τὸ σύμπαν ἄρχισε μὲ μιὰ μεγάλη ἔκρηξη (big bang) μὲ πολλὰ σωματίδια νὰ ἐκτοξεύονται σὲ διάφορες κατευθύνσεις. Σὲ τέτοιες μεγάλες ἐνέργειες εἶναι ἀδύνατον νὰ ὑπάρχουν ἄτομα ἢ πυρῆνες καὶ δημιουργεῖται ἓνα μείγμα ἀπὸ τὰ πῶδ βασικὰ στοιχεῖα τῆς ὕλης. Εἶναι ἓνα σύνολο ἀπὸ σωματίδια, ἀντισωματίδια καὶ ἀκτινοβολία: φωτὸς, W-bosons, Gluons κλπ. Ὑπάρχει ταυτοχρόνως ἴση ποσότητα ὕλης καὶ ἀντι-ὕλης. Εἶναι ἐπομένως φυσιολογικὸ τὸ ἐρώτημα: τί ἦταν αὐτὰ τὰ σωματίδια; Ἡ ἐρώτηση ἔχει καὶ πειραματικὴ σημασία, διότι ὁ ἀριθμὸς ομάδων τών σωματιδίων προσδιορίζει μεταγενέστερα φαινόμενα, ὅπως π.χ. τὴν ποσότητα Ὑδρογόνου (75%), Ἡλίου (25%) καὶ ἄλλων πυρήνων, πού δημιουργήθησαν ἀργότερα καὶ παραμένουν μέχρι σήμερα.

Ἄς ἀρχίσουμε ἀπὸ τὰ ἄτομα. Ὄταν ἐρευνήσουμε τὰ ἄτομα σὲ μικρότερες ἀποστάσεις βρίσκουμε τοὺς πυρῆνες καὶ τὰ ἠλεκτρόνια. Τὰ ἠλεκτρόνια εἶναι βασικὰ καὶ ἀναλλοίωτα. Οἱ πυρῆνες ὅμως μεταβάλλονται. Κατόπιν οἱ πυρῆνες περιέχουν πρωτόνια καὶ νετρόνια, τὰ ὁποῖα ὅταν συγκρούονται παράγουν πολλὰ νέα σωματίδια. Τὰ σωματίδια ταξινομήθηκαν σὲ ομάδες, τὶς ὁποῖες θὰ ὀνομάσουμε οἰκήματα (ἀναπαριστάσεις ομάδων). Τὰ σωματίδια ἑνὸς οἰκήματος ἔχουν κοινὲς ιδιότητες. Στὸ διάστημα 1950-1967 παρατηρήθηκαν πολλὰ σωματίδια (πάνω ἀπὸ 100). Αὐτὰ ἔχουν ταξινομηθεῖ π.χ. σὲ μιὰ ὀκτάδα ἀπὸ Μεσόνια (σχῆμα 1α) καὶ μιὰ ὀκτάδα ἀπὸ Βαρυόνια (σχῆμα 1β):



Σχῆμα 1α



Σχῆμα 1β

Οι φυσικοί Gell-Mann και Zweig[2], ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλον, εισήγαγαν μια πιο βασική έννοια, τὰ Quarks, λέγοντας ότι η πληθώρα αυτή των σωματιδίων μπορεί να ταξινομηθεί με τὰ Quarks. Αυτά είναι σωματίδια με κλασματικό ηλεκτρικό φορτίο.

| Quark | Ήλεκτρικό φορτίο | Ίσοσπιν |
|-------------|------------------|---------|
| up : u | $2/3 e$ | $1/2$ |
| down : d | $-1/3 e$ | $1/2$ |
| strange : s | $-1/3 e$ | 0 |

Με τὰ Quarks κατασκευάζουμε τὰ Μεσόνια ως δέσμιες καταστάσεις, οι οποίες είναι:

$$\pi^+ = (u\bar{d}), \quad \pi^0 = \frac{1}{\sqrt{2}} (u\bar{u} - d\bar{d}), \quad \pi^- = (d\bar{u})$$

$$K^+ = (u\bar{s}), \quad K^0 = (d\bar{s})$$

(Τὰ ἐπιγεγραμμένα σωματίδια είναι αντισωματίδια, δηλ. σωματίδια τῆς ἀντι-ύλης).

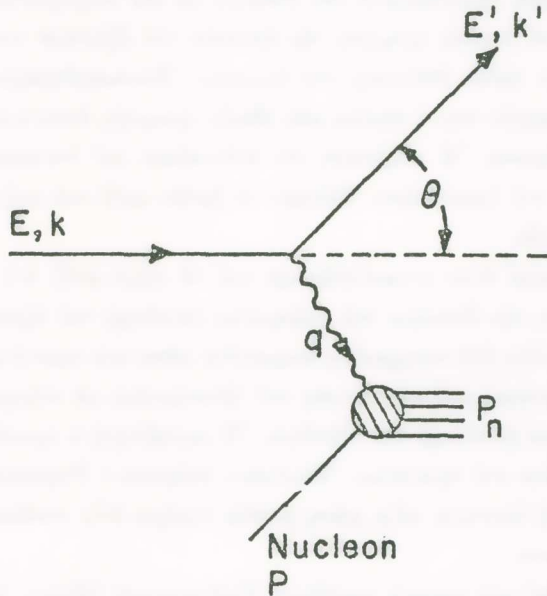
Οι δέσμιες καταστάσεις είναι ανάλογες του ατόμου του Ύδρογόνου. Το Ύδρογόνο αποτελείται από ένα πρωτόνιο και ένα ηλεκτρόνιο υπό την επίδραση του ηλεκτρισμού, ενώ οι δέσμιες καταστάσεις των Quarks δημιουργούνται υπό την επίδραση τῆς ἰσχυρῆς δύναμης.

Τὸ γεγονός ότι τὰ Quarks ἐξηγοῦν τὴν ταξινόμηση τῶν ἀδρονίων ὀδηγεῖ στο συμπέρασμα ὅτι πρέπει νὰ παράγονται σὲ ὑψηλές ἐνέργειες ὡς ἐλεύθερα σωματίδια. Ἐντακτικές πειραματικές ἐρευνες ἀπὸ τὸ 1960 μέχρι σήμερα δὲν ἐπέτυχαν νὰ παραγάγουν ἐλεύθερα Quarks. Αὐτὸ παρακίνησε ὅλους σχεδὸν τοὺς φυσικοὺς νὰ τὰ θεωροῦν, τὸ 1967-1968, ὡς μαθηματικές ἐννοιες χωρὶς φυσικὴ ὄντοτητα. Ἐκείνη τὴν ἐποχὴ, ἐγὼ ἐτελείωσα τὶς σπουδές μου καὶ πῆγα στο Πανεπιστήμιο Stanford ὡς Postdoctoral fellow.

Πειράματα με ἀντιδράσεις ἠλεκτρονίων με πρωτόνια εἶχαν δώσει ἐνδείξεις ὅτι ἡ παραγωγή σωματιδίων ἦταν μεγαλύτερη ἀπὸ ὑπολογισμοὺς ποὺ θεωροῦσαν ὅτι τὰ πρωτόνια εἶναι μιὰ συμπαγῆ καὶ ὁμοιογενῆ μάζα ὕλης. Ἡ δευτέρη ἐκδοχὴ ἦταν

νά κατασκευάσουμε τὰ πρωτόνια ἀπὸ βασικὲς μονάδες ὕλης, ὅπως τὰ ἄτμητα σωμάτια τοῦ Δημοκρίτου.

Στὸ σχῆμα 2 παρουσιάζεται ἡ ἀντίδραση τοῦ ἠλεκτρονίου μὲ τὸ πρωτόνιο. Ἡ ἀνταλλαγὴ φωτὸς, ποὺ παρίσταται μὲ τὴν κυματιζόμενη γραμμὴ q , ἐπιδρᾷ σὰν ἐλατήριο μεταξὺ ἠλεκτρονίου καὶ πρωτονίου καὶ παράγει τὴ δύναμη.



Σχῆμα 2.

Ἡ πρόταση ὅτι τὰ πρωτόνια συνίστανται ἀπὸ Quarks ἀντιμετώπιζε τὴ δυσκολία ὅτι:

- (1) τὰ Quarks δὲν παράγονται στὶς ἀντιδράσεις καὶ
- (2) δὲν παρουσιάζουν κανένα ἴχνος τῆς ὑπαρξῆς τους, πέραν ἀπὸ τὴν ταξινόμηση τοῦ SU(3).

Γιὰ λόγους χρόνου δὲν θὰ ἐπεκταθῶ στὴν ἱστορικὴ ἐξέλιξη τῶν γεγονότων, ἀλλὰ θὰ ἀναφερθῶ στὶς φυσικὲς ιδέες ὅπως αὐτὲς ἀναπτύχθηκαν. Ὁ καθηγητὴς James Bjorken ἐπρότεινε ὅτι ἡ πιθανότητα διασπάσεως τοῦ πρωτονίου ἐξαρτᾶται ἀπὸ μίαν συνάρτηση δομῆς ποὺ εἶναι συνάρτηση τοῦ κλάσματος [3].

$$\omega = \frac{1}{x} = \frac{\text{ἀνταλλαγὴ ἐνέργειας}}{(\text{ἀνταλλαγὴ ὀρμῆς})^2}$$

Ἡ μεταβλητὴ εἶναι τώρα γνωστὴ ὡς μεταβλητὴ τοῦ Bjorken. Τὸ κύριο χαρακτηριστικὸ αὐτοῦ τοῦ νόμου ποὺ ἐπαληθεύθηκε στὰ πειράματα εἶναι ὅτι ἡ συνάρτηση δομῆς ἐξαρτᾶται μόνον ἀπὸ τὸ κλάσμα ω καὶ ὄχι ξεχωριστὰ ἀπὸ τὴν ἐνέργεια καὶ τὴν ὀρμὴ.

Σὲ μία εὐτυχὴ συγκυρία, στὸ τέλος τοῦ καλοκαιριοῦ τοῦ 1968, ὁ καθηγητὴς Richard Feynman ἐπισκέφθηκε τὸ ἐργαστήριό μας γιὰ νὰ μιλήσει σὲ μαθητὲς γυμνασίου. Μὲ δική μου πρωτοβουλία τοῦ ἀνέφερα τὰ νέα πειραματικὰ ἀποτελέσματα καὶ τοῦ ἀνέπτυξα σὲ γενικὲς γραμμὲς τὴν ἐργασία τοῦ Bjorken καὶ τὸν ρώτησα ἀν εἶχε γνώμη γιὰ τὸν τρόπο ἐπίλυσης τοῦ θέματος. Ἐπισκεφθήκαμε μαζὶ τὸν συνάδελφο Tsai στὸ γραφεῖο του, ὁ ὁποῖος μᾶς ἔδειξε γραφικὲς ἀπεικονίσεις ἀπὸ τὰ πειραματικὰ ἀποτελέσματα. Ἡ συζήτηση τὸν ἐνθουσίασε καὶ ἀποφάσισε νὰ συνεχίσει τὴν παραμονή του στὸ ἐργαστήριο. Φάγαμε τὸ βράδυ μαζὶ καὶ συζητήσαμε τὸ θέμα χωρὶς καμμία πρόοδο.

Τὸ ἐπόμενο πρωὶ ὅταν συναντηθήκαμε γιὰ νὰ πᾶμε μαζὶ στὸ ἐργαστήριό μου ἀνέφερε ὅτι ἐξήγησε τὴν ιδιότητα τοῦ κλάσματος (scaling) τοῦ Bjorken ὡς τὸν σκεδασμὸ τοῦ ἠλεκτρονίου ἀπὸ στοιχειώδη σωματίδια μέσα στὸ πρωτόνιο. Ἡ διατήρηση τῆς ὀρμῆς καὶ ἐνέργειας στὴ σύγκρουση τοῦ ἠλεκτρονίου μὲ στοιχειώδη σωματίδια ἐρμηνεύει τὸ κλάσμα (scaling) τοῦ Bjorken. Ἡ μεταβλητὴ x προσδιορίζει τὴν ὀρμὴ τοῦ σωματιδίου μέσα στὸ πρωτόνιο. Ἐπιπλέον, ὠνόμασε ὁ Feynman τὰ σωματίδια Partons[4] ἀπὸ τὴ λατινικὴ ρίζα pars, partis (τμημα ἐνὸς συνόλου) καὶ τὴν ἑλληνικὴ κατάληξιν «-ον».

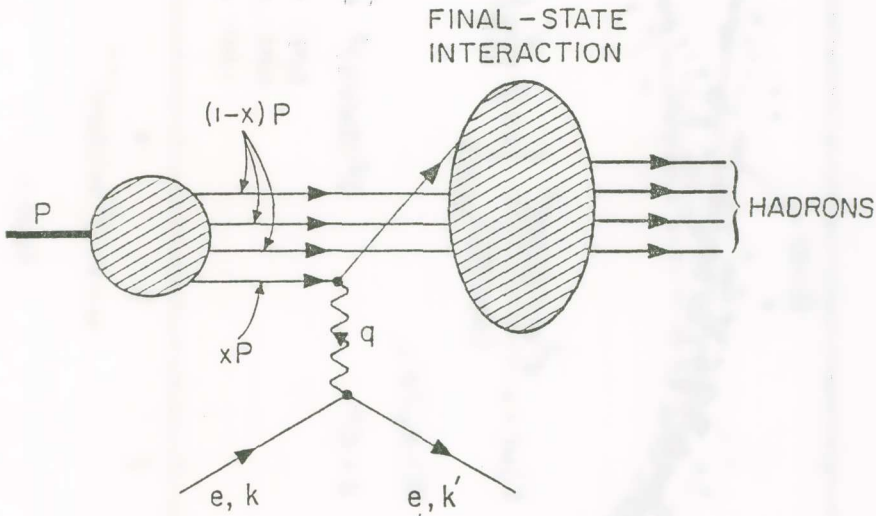
Αὐτὸ ἀκολουθεῖ μιὰ παλαιὰ παράδοση ἐξελληνισμοῦ λέξεων, ὅπου ἡ προσθήκη ἑλληνικῆς κατάληξης σὲ λέξεις τὶς κατατάσσει στὸ Ἑλληνικὸ λεξιλόγιο. Ὁ Feynman ἄφησε σκοπίμως ἀπροσδιόριστες τὶς ιδιότητες τῶν Partons.

Ἀμέσως ἔγινε φανερὸ στὸν Bjorken καὶ σ' ἐμένα ὅτι μπορούμε νὰ ταυτίσουμε τὰ παρτόνια μὲ τὰ Quarks καὶ νὰ κατασκευάσουμε τὴ θεωρητικὴ εἰκόνα τοῦ πρωτονίου καὶ τῶν ἄλλων σωματιδίων. Ἐπίσης σημαντικὴ εἶναι ἡ πρότασή μας ὅτι οἱ κβαντικοὶ ἀριθμοὶ τῶν βασικῶν σωματιδίων μποροῦν νὰ ἀνιχνευθοῦν καὶ νὰ μετρηθοῦν σὲ πειράματα. Τὰ ἀποτελέσματά μας περιγράφονται στὴν ἐργασία[5], καὶ τὸ διάγραμμα στὸ Σμῆμα 3 εἶναι τώρα ἡ βασικὴ ἀπεικόνιση τοῦ πρωτονίου.

Ἡ ἐργασία αὐτὴ ἐδραίωσε τὶς βάσεις γιὰ τὸ Quark-Parton Model. Στὴν ἐργασία παρουσιάζεται γιὰ πρώτη φορὰ ἡ εἰκόνα τοῦ πρωτονίου, ποὺ κινεῖται μὲ ἀπειρη ὀρμὴ καὶ τὰ Quarks, φέρουν ἓνα μέρος τῆς ὀρμῆς του. Ἐνα ἐξωτερικὸ ἠλεκτρόνιο μπορεῖ νὰ ἀντιδράσει μὲ ἓνα ἀπὸ τὰ Quarks τοῦ πρωτονίου καὶ νὰ ἀφήσει ἴχνη τῶν κβαντικῶν ἀριθμῶν τῶν Quarks στὴν ἰσχὺ καὶ σὲ ἄλλες ιδιότητες τῆς ἀντίδρασης.

Ἡ ἐργασία δίνει μιὰ σαφὴ εἰκόνα τοῦ πρωτονίου ὅταν αὐτὸ κινεῖται μὲ ἀπειρη ὄρμη: τὸ πρωτόνιο συνίσταται ἀπὸ δύο up-quarks μὲ ἠλεκτρικὸ φορτίο $2/3e$ καὶ ἀπὸ ἓνα down-quark μὲ φορτίο $-1/3e$. Αὐτὰ περικυκλώνονται ἀπὸ ἓνα σύννεφο ἢ μιὰ θάλασσα, ὅπως τὴν ὀνομάσαμε, ἀπὸ ζεύγη quarks-antiquarks. Οἱ ιδιότητες τῶν Quarks ἦταν σαφεῖς, ἀπὸ τὴν μαθηματικὴ τους ταξινόμηση καὶ τὶς περιγράψαμε, ἀλλὰ δὲν μπορούσαμε νὰ προσδιορίσουμε τὰ ζεύγη πού πολὺ ἀργότερα ταυτίστηκαν μὲ τὰ Gluons. Στὴν ἴδια ἐργασία [5] περιγράψαμε τὴν δομὴ τοῦ νετρονίου.

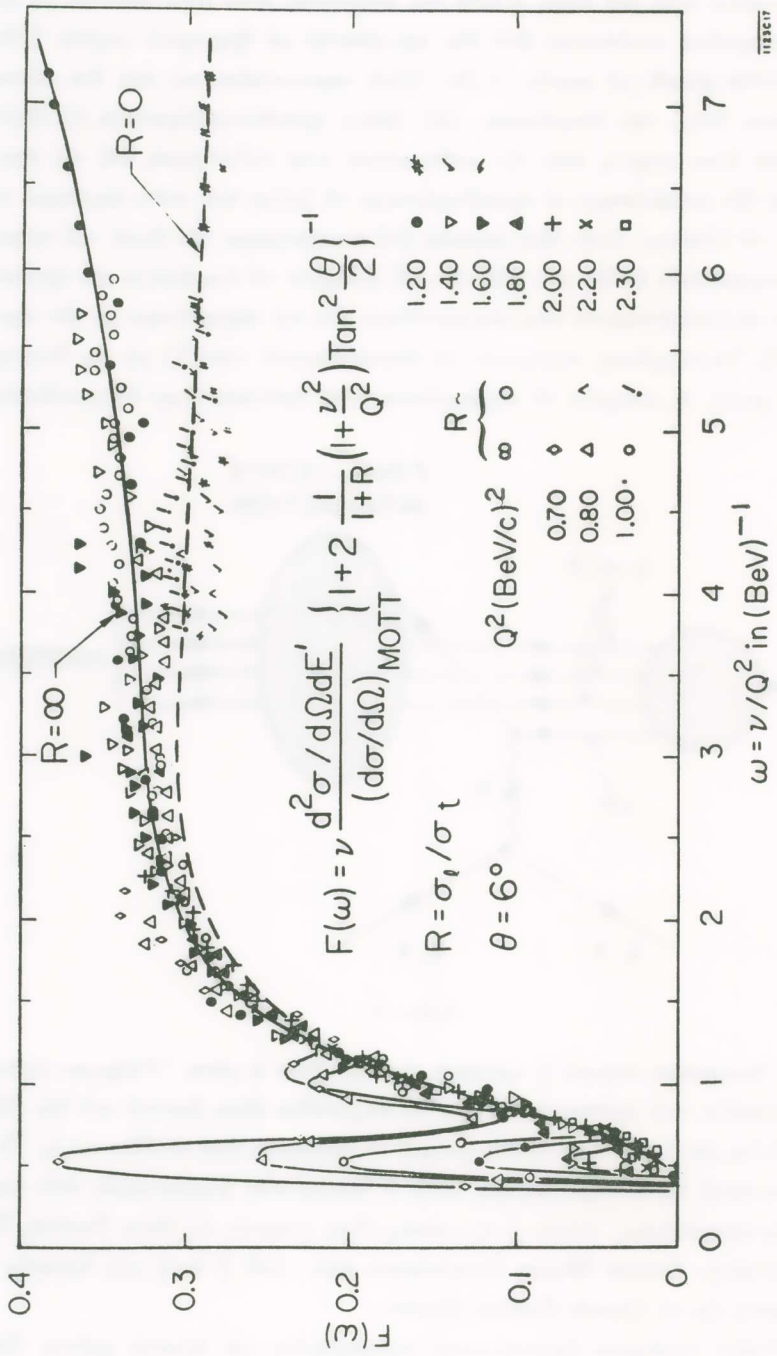
Ἡ πειραματικὴ ομάδα τοῦ MIT-SLAC συνέχισε τὰ πειράματα στὸ ἐργαστήριον SLAC καὶ τὰ ἀποτελέσματά τους συμφωνοῦσαν ὅλο καὶ περισσότερο μὲ τὸν νόμο τοῦ Bjorken[6]. Ταυτοχρόνως σύγκριναν τὰ ἀποτελέσματά τους[7] μὲ τὶς θεωρητικὲς προτάσεις χωρὶς νὰ μποροῦν νὰ συμπεράνουν ποιά πρόταση ἦταν ἐπικρατέστερη.



Σχῆμα 3.

Στὴν θεωρητικὴ πλευρὰ ἡ πρότασή μας δὲν ἦταν ἡ μόνη. Ὑπῆρχαν συναγωνιζόμενες ἐργασίες πού πρότειναν ὅτι ὅλα τὰ σωματίδια εἶναι βασικά καὶ ὅτι ἀλληλεπιδροῦν τὸ ἓνα μὲ τὸ ἄλλο καὶ τὸ ἓνα μπορεῖ νὰ δεσμευθεῖ ἀπὸ τὸ ἄλλο κ.ο.κ. Τὸ μόνο πού ἔλειπε κατὰ τὴ δευτέρη ἀποψη, εἶναι ὁ θεωρητικὸς φορμαλισμὸς πού παράγει τὶς δέσμιες καταστάσεις. Αὐτὲς οἱ προτάσεις εἶναι γνωστὲς ὡς Bare Proton, Particle Democracy, Vector Meson Dominance κλπ., ἐνῶ ἡ δική μας ἐργασία εἶναι τῶρα γνωστὴ ὡς τὸ Quark-Parton Model.

Ἡ εἰκόνα παρέμεινε ἐπιστημονικὰ συγκεχυμένη γιὰ ἀρκετὰ χρόνια. Σήμερα ὁμως γνωρίζουμε ὅτι τὰ Quarks σὰν Partons εἶναι οἱ βασικοὶ λίθοι τοῦ σύμπαντος.



Σχήμα 4.

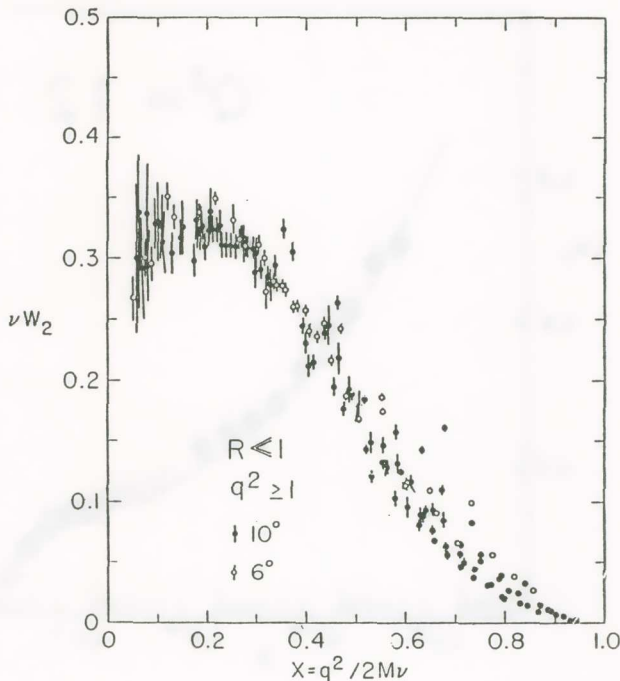
Τη συγκεκριμένη κατάσταση την περιέγραψε αντικειμενικά ο αείμνηστος καθηγητής Δημήτριος Κωτσάκης[8] τὸ 1971:

«Τὸ κατὰ πόσον τὰ πάρτονς καὶ τὰ quarks ταυτίζονται, εἶναι πρόβλημα ἀνοικτὸ γιὰ τὴν ἐπιστήμην.

Ἐν συμπεράσματι, εἰς τὴν σύγχρονον Φυσικὴν τῶν στοιχειωδῶν σωματίων, ὑπάρχουν δύο κύριαι τάσεις, ἐκείνων οἱ ὅποιοι πιστεύουν εἰς τὴν ὕπαρξιν θεμελιωδῶν συστατικῶν τῆς ὕλης (καὶ ταῦτα πιθανὸν νὰ εἶναι τὰ κουάρκς καὶ πάρτονς) καὶ ἡ τῶν ὀπαδῶν τῆς πυρηνικῆς δημοκρατίας (G. Chew) κατὰ τὴν ὁποίαν ἔλα τὰ σωματῖα εἶναι ἐξ ἴσου στοιχειώδη καὶ δέσιμες καταστάσεις τὰ μὲν τῶν δέ. Τὸ μέλλον θὰ δείξῃ... ἐὰν ἡ μία ἢ ἀμφοτέραι τῶν ἰδεῶν θὰ ἀντικατασταθοῦν ὑπὸ ἄλλων».

Τὰ πειράματα συνεχίσθησαν σὲ μεγαλύτερες ἐνέργειες σὲ διάφορα ἐργαστήρια μέχρι σήμερα. Μὲ τὴν πάροδο τοῦ χρόνου τὰ Quarks τῆς δεκαετίας τοῦ '60 μεταβάλλονται ἀπὸ μαθηματικὲς ἰδέες καὶ γίνονται σωματίδια μὲ φυσικὴ ὄντοτητα. Τὰ ἠλεκτρόνια τοῦ πειράματος σκορπίζονται, σκεδάζονται δηλαδή ἀπὸ τὰ παρτόνια τοῦ πρωτονίου καὶ μετροῦν τοὺς κβαντικὸς ἀριθμοὺς τῶν Quarks.

Στὸ σχῆμα 4 δείχνω τὰ πρῶτα πειραματικὰ ἀποτελέσματα[9] τῆς ομάδος MIT-

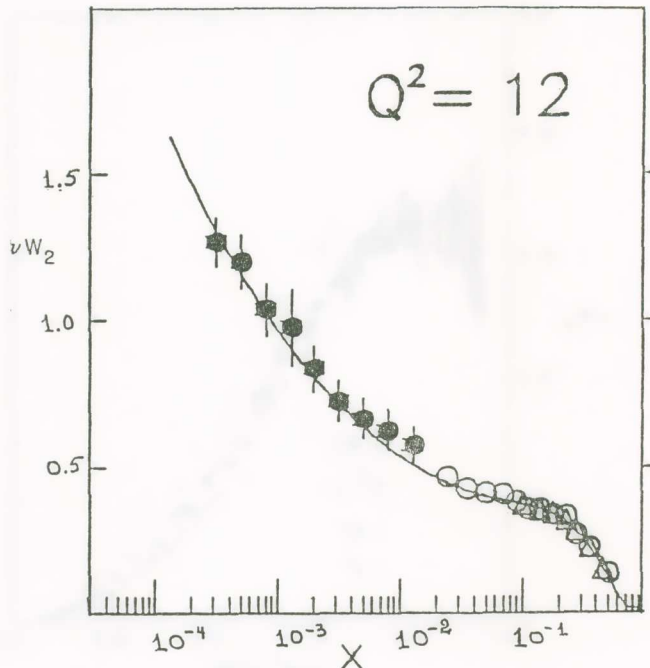


Σχῆμα 5.

SLAC. Όπως βλέπετε τὰ ἀποτελέσματα συγκεντρώνονται σὲ δυὸ καμπύλες ποὺ ἀντιστοιχοῦν σὲ δύο ἀκραῖες τιμές τῆς παραμέτρου R . Γιὰ ἄλλες τιμές τῆς παραμέτρου τὰ πειραματικὰ σημεῖα συγκεντρώνονται σὲ ἐνδιάμεσες καμπύλες.

Στὸ σχῆμα 5 δείχνω μεταγενέστερα πειραματικὰ δεδομένα ὡς συνάρτηση τῆς μεταβλητῆς $x = 1/\omega$.

Θέλω νὰ ἐπιστήσω τὴν προσοχή σας στὴν περιοχὴ τῶν τιμῶν τῆς μεταβλητῆς x . Οἱ τιμές ἀρχίζου ἀπὸ $1/10$ περίπου, καὶ φθάνουν μέχρι τὸ 1. Δηλαδή τὸ παρτόνιο μεταφέρει ἀπὸ $1/10$ τῆς ὀρμῆς τοῦ πρωτονίου μέχρι ὀλόκληρη τὴν ὀρμή. Όπως ἀνέφερα προηγουμένως, τὰ πειράματα ἐπαναλήφθηκαν σὲ διάφορα ἐργαστήρια καὶ ἐπεξέτειναν τὴν περιοχὴ τοῦ x . Τὰ πιὸ πρόσφατα ἀποτελέσματα εἶναι ἀπὸ τὸ ἐργαστήριο DESY[10] τοῦ Ἀμβούργου, σχῆμα 6, ποὺ ἐπεξέτειναν τὴν περιοχὴ τῆς μεταβλητῆς x σὲ πολὺ μικρότερες ὀρμές τῶν quarks ($x = 10^{-3}$). Ἀξιοσημείωτη εἶναι ἡ αὐξηση τῆς συνάρτησης δομῆς, ἡ ὁποία σημαίνει ὅτι γιὰ μικρὲς τιμές τοῦ x ὑπάρχουν περισσότερα ζεύγη ἀπὸ quarks-antiquarks, ὅπως προβλέπει ἡ θεωρία τῆς κβαντικῆς χρωμοδυναμικῆς QCD[11].



Σχῆμα 6.

Σε σύνοψη:

1) Τα Quarks έχουν έδραιωθεί ως οι βασικές μονάδες τής ύλης και ο αριθμός τους είναι έξι.

2) Όλα τα άδρόνια μπορούν να κατασκευαστούν από Quarks, Antiquarks και Gluons.

Ό πίνακας στην τρίτη εικόνα παριστάνει τις τρεῖς γενεές τῶν σωματιδίων. Στην αρχή τῆς δεκαετίας τοῦ 1970 εἶχαν ἀνακαλυφθεῖ τρία Quarks (up, down και strange), Μελέτες εἰς τῖς ιδιότητες τῶν Νεσονίων K^0 ἀπαιτοῦσαν τὴν ὑπαρξὴ ἐνὸς τετάρτου Quark[12], τὸ ὁποῖον ἀνακαλύφθηκε καὶ ὀνομάσθηκε charm. Ἀργότερα ἀνακαλύφθηκαν δυὸ ἀκόμη Quarks, τὸ top καὶ bottom. Στην κάθε κάθετη στήλη τοῦ πίνακα, ὑπάρχει π.χ. μιὰ γενεὰ ἀπὸ σωματίδια. Ἡ πρώτη γενεὰ περιλαμβάνει τὸ up καὶ τὸ down Quark μαζί με τὸ ἠλεκτρόνιο καὶ τὸ νεutrino τῆς γενεᾶς. Οἱ ἐπόμενες δυὸ στήλες παρουσιάζουν τὴν δεύτερη καὶ τρίτη γενεὰ. Στην τέταρτη στήλη εἶναι τὰ σωματίδια ποὺ ἐνεργοῦν ὡς συνδετικὰ ἐλατήρια μεταξὺ Quarks ἢ λεπτονίων καὶ παράγουν τῖς δυνάμεις. Π.χ. τὸ φωτόνιο παράγει τὴν ἠλεκτρικὴ δύναμη, τὸ Gluon τὴν ἰσχυρὴ δύναμη καὶ τελικὰ δυὸ βαριὰ σωματίδια W καὶ Z παράγουν τῖς ἀσθενεῖς ἀντιδράσεις.

Τώρα ποὺ ξέρουμε τοὺς βασικοὺς λίθους τοῦ σύμπαντος μπορούμε νὰ περιγράψουμε μιὰ σύντομη ἱστορία του. Μετὰ τὴν Μεγάλῃ Ἐκρηξῇ τὸ σύμπαν βρίσκεται σὲ πολὺ ὑψηλὲς ἐνέργειες ($E = 10^{19}$ GeV). Σ' αὐτὴν τὴν ἐποχὴ οἱ τέσσερις δυνάμεις εἶναι ἐνοποιημένες. Στην ὑψηλὴ ἐνέργεια ποὺ ἐπικρατοῦσε δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ ἔχουμε ἄτομα ἢ πυρῆνες. Ὑπάρχει, ἐπομένως, ἓνα μείγμα ἀπὸ Quarks, Antiquarks, λεπτόνια, ἀντι-λεπτόνια καὶ ἀκτινοβολία. Ὑπάρχει ἴση ποσότητα ὕλης καὶ ἀντι-ὕλης. Πῶς εἶναι δυνατὸν ἢ ἀντι-ὕλη νὰ ἔχει ἐξαφανιστεῖ καὶ νὰ παραμένει σήμερα μόνον ἡ ὕλη;

Αὐτὸ συμβαίνει στὴν δεύτερη περίοδο ὅταν ἡ ἰσχυρὴ δύναμη ἀρχίζει νὰ ξεχωρίζει ἀπὸ τὴν ἠλεκτρο-ασθενὴ δύναμη καὶ δημιουργεῖται μιὰ ἀσυμμετρία μεταξὺ ὕλης-ἀντιὕλης, ἡ ὁποία διασώζεται μέχρι σήμερα. Όλα αὐτὰ συμβαίνουν καθὼς τὸ σύμπαν διαστέλλεται.

Μὲ τὴ διαστολὴ ἐπέρχεται μείωση τῆς θερμοκρασίας. Μικρότερη θερμοκρασία ἀντιστοιχεῖ σὲ μικρότερες ἐνέργειες. Ἡ ἐνέργεια ἐλαττώνεται σὲ μερικὰ MeV (ἐκατομμύρια ἠλεκτρονικῶν βόλτ) καὶ παράγονται τὰ πρωτόνια καὶ οἱ πυρῆνες. Τελικὰ ἡ ἐνέργεια ἐλαττώνεται σὲ eV ὅποτε δημιουργοῦνται τὰ ἄτομα. Σημαντικὴ γιὰ μᾶς εἶναι ἡ δεύτερη ἐποχὴ, ὅταν ἡ ἀντιὕλη ἐξουδετερώνεται καὶ παραμένει μιὰ μικρὴ ποσότητα ὕλης (μικρὴ σχετικὰ μετὰ τὴν ἀρχικὴ μάζα τοῦ σύμπαντος).

Ἡ ἐξαφάνιση τῆς ἀντιύλης δὲν εἶναι μόνο θεωρητικό θέμα ἀλλὰ ἓνα σημαντικό πρόβλημα πού ἐξετάζεται πειραματικά. Ἀστρονομικές παρατηρήσεις μελετοῦν μακρινούς γαλαξίες καί ἐάν ὑπῆρχαν νησίδες ἀπό ἀντι-ύλη, τότε ἡ κοσμική ἀκτινοβολία θά συναντοῦσε τὴν ἀντιύλη καί θά ὑπῆρχαν βίαιες ἐκρήξεις μὲ τὴν παραγωγή φωτός. Ἐπιπλέον πρέπει νὰ ὑπάρχουν *supernovae* (ὑπερκαινοφανεῖς) ἀντιύλης καί ἐκεῖ νὰ παράγονται ἀντιπυρῆνες, οἱ ὁποῖοι θά πρέπει νὰ ὑπάρχουν στὴν κοσμική ἀκτινοβολία. Ἐντατικές μελέτες κοσμικῆς ἀκτινοβολίας δὲν μπόρεσαν νὰ ἐντοπίσουν βαρεῖς ἀντι-πυρῆνες. Γι' αὐτούς καί ἄλλους λόγους ἀποδεχόμεστε ὅτι ἡ ἀντι-ύλη ἔχει ἐξαφανιστεῖ. Ἡ ἀπλούστερη ἐξήγηση θά ἦταν, ὅταν ἡ ὕλη συναντᾷ ἀντιύλη νὰ ἐκμηδενίζεται σὲ ἀκτινοβολία, ἡ ὁποία μὲ τὴν διαστολὴ τοῦ σύμπαντος γίνεται ἀμυδρὸ φῶς. Αὐτὸ πράγματι συνέβη καί τὸ ἀμυδρὸ φῶς διασώζεται, ἀλλὰ ταυτοχρόνως ὑπῆρχε σὲ κάποια ἐποχὴ πλεόνασμα ὕλης τὸ ὁποῖο διασώζεται μέχρι σήμερα.

Ἡ πρόταση γιὰ τὴν ἐξαφάνιση τῆς ἀντιύλης βασίζεται σὲ μιὰ ἀσυμμετρία πού ὀνομάζεται ἀσυμμετρία CP. Ἡ ἐξήγηση προτάθηκε ἀπὸ τὸν φυσικὸ Sacharon[13]. Γιὰ νὰ συμβεῖ τὸ φαινόμενο αὐτὸ ἀπαιτοῦνται τρεῖς προϋποθέσεις:

— Παραβίαση τοῦ κβαντικοῦ ἀριθμοῦ βαρυονίων καί λεπτονίων.

— Παραβίαση τοῦ κβαντικοῦ ἀριθμοῦ C καί CP.

— Ἀπόκλιση ἀπὸ θερμοδυναμικὴ ἰσορροπία.

Ἡ πρόταση τοῦ Sacharon ἔχει μελετηθεῖ ἐκτενῶς[14], ἀλλὰ οἱ θεωρίες πού ὑπάρχουν δίδουν μικρὲς τιμὲς ὑπεροχῆς ὕλης, δηλ. ἡ ποσότητα ὕλης πού ἐπιβιώνει εἶναι μικρὴ. Σ' αὐτὸ τὸ σημεῖο ἔγινε μιὰ πρότασή μας στὸ Πανεπιστήμιο τοῦ Dortmund πού θά περιγράψω σὲ λίγο.

Προτοῦ ἔλθω στὸ δεύτερο θέμα εἶναι ἀναγκαῖο νὰ πῶ λίγα λόγια γιὰ τὴν ἐξήγηση τῆς συμμετρίας CP. Οἱ περισσότερες συμμετρίες, πού ξέρουμε, εἶναι συνεχεῖς· π.χ. οἱ περιστροφές εἶναι συνεχεῖς. Ὅταν πάρουμε ἓνα κύκλο καί τὸν γυρίσουμε, μποροῦμε νὰ τὸν περιστρέψουμε μὲ μικρὲς ἢ μεγάλες γωνίες. Ἀνάμεσα σὲ δυὸ διαφορετικὲς περιστροφές ὑπάρχει πάντοτε μιὰ ἐνδιάμεση περιστροφή.

Ὅλοι οἱ μετασχηματισμοὶ δὲν εἶναι συνεχεῖς. Ὅταν βλέπουμε τὸν ἑαυτὸ μας στὸν καθρέπτη, ὑπάρχουν δυὸ καταστάσεις, ἐμεῖς καί τὸ εἶδωλό μας — δὲν ὑπάρχει τίποτε ἄλλο ἀνάμεσα στίς δυὸ καταστάσεις. Τὸ ἴδιο συμβαίνει καί μὲ τὸν χρόνο: στίς ἐξισώσεις τῶν φυσικῶν, ὁ χρόνος αὐξάνεται στὸ μέλλον. Εἶναι δυνατὸν ὅμως νὰ ἀλλάξουμε τὸ σημεῖο τοῦ χρόνου καί τότε οἱ ἀντιδράσεις ἐξελίσσονται στὸ παρελθόν. Πάλι ὑπάρχουν μόνο δυὸ κατευθύνσεις: παρελθὸν καί μέλλον. Τέτοιοι μετασχηματισμοὶ ὀνομάζονται *διακριτοὶ* (*discrete*).

Τὰ γράμματα C καί P στίς προηγούμενες παραγράφους συμβολίζουν *διακριτοὺς* (*discrete*) μετασχηματισμούς.

—'Ο μετασχηματισμός C (charge conjugation) σημαίνει ότι αντικαθιστούμε σωματίδια με τὰ αντισωματίδιά τους και αντίστροφα.

—'Ο μετασχηματισμός P (parity) σημαίνει αντανάκλαση τοῦ χώρου, δηλαδή σχηματίζουμε τὴν κατοπτρική συμμετρική εἰκόνα μιᾶς κατάστασης.

— CP εἶναι ὁ συνδυασμός τῶν δυὸ μετασχηματισμῶν ὅπου ὁ ἕνας ἀκολουθεῖ τὸν ἄλλο.

Ἔχει παρατηρηθεῖ ὅτι οἱ φυσικὲς καταστάσεις ἀπὸ τὸ σωματίδιο $K^0(\bar{s}d)$ καὶ τὸ αντισωματίδιο $\bar{K}^0(s\bar{d})$ δὲν εἶναι συμμετρικὲς στὸν μετασχηματισμὸ CP. Οἱ φυσικὲς καταστάσεις ποὺ παρατηρήθηκαν εἶναι δυό:

$$K_L : (K^0 + \bar{K}^0) + \varepsilon(K^0 - \bar{K}^0)$$

μὲ συγκεκριμένη μάζα καὶ χρόνο ζωῆς (life-time).

$$K_S : \varepsilon(K^0 + \bar{K}^0) + (K^0 - \bar{K}^0)$$

μὲ διαφορετικὴ μάζα καὶ διαφορετικὸ χρόνο ζωῆς.

Ἄν μετασχηματισμὸς CP ἐπιφέρει τὴν ἀνταλλαγὴ $K^0 \rightarrow \bar{K}^0$ καὶ $\bar{K}^0 \rightarrow K^0$. Μιὰ ἀπλὴ ἀντικατάσταση ἐπιβεβαιώνει ὅτι οἱ καταστάσεις δὲν εἶναι συμμετρικὲς στὴν ἀνταλλαγὴ $K^0 \leftrightarrow \bar{K}^0$. Ἐπομένως οἱ φυσικὲς καταστάσεις παραβιάζουν τὴν συμμετρία τοῦ CP λόγω τῆς σταθερᾶς ε ἢ ὁποῖα μετρήθηκε νὰ ἔχει τὴν τιμὴ

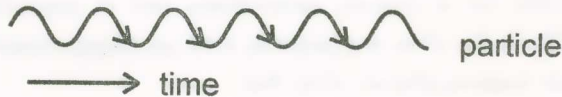
$$\varepsilon = (2.271 \pm 0.017) \times 10^{-3}$$

μικρὴ ἀλλὰ ὄχι μηδαμινή.

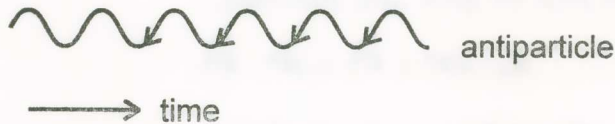
Σήμερα ὑπάρχουν μεγάλα πειράματα στὴν Εὐρώπη, τὴν Ἀμερικὴ καὶ τὴν Ἰαπωνία, ποὺ ἐπιχειροῦν νὰ μετρήσουν τὴν ἀσυμμετρία σὲ νέες ἀντιδράσεις τοῦ Μεσονίου K^0 ἀλλὰ καὶ σὲ βαρύτερα σωματίδια B^0 . Ἡ ὁμάδα μου στὸ Dortmund ἔχει δημοσιεύσει ἐργασίες, οἱ ὁποῖες ἔκαναν προβλέψεις γιὰ τὸ μέγεθος τῶν φαινομένων ποὺ ἀναμένονται στὸ Standard Model γιὰ τὰ Μεσόνια K^0 [15] καὶ τὶς ιδιότητες τῶν βαρυτέρων Μεσονίων B^0 [16].

Ἡ πρόταση εἶναι νὰ κατασκευάσουμε μιὰ μορφή ὕλης, ἢ ὁποῖα δὲν εἶναι συμμετρικὴ στὸν μετασχηματισμὸ CP. Εἶναι δυνατὸν νὰ προσθέσουμε σὲ κάθε γενιὰ ἕνα δεξιόστροφο (right-handed) νεutrino, ὅποτε οἱ ἀλληλεπιδράσεις τῆς θεωρίας παράγουν φυσικὲς καταστάσεις ἀνάλογες τοῦ K_L καὶ K_S . Τὰ νεutrino εἶναι οὐδέτερα σωματίδια ποὺ ἔχουν μόνον ἀσθενεῖς ἀντιδράσεις. Μποροῦν νὰ περάσουν μέσα ἀπὸ τὴ γῆ χωρὶς νὰ ἀντιδράσουν μὲ τὸ περιβάλλον τους. Γενικὰ στὴν Κβαντικὴ Μηχα-

νική σωματίδια περιγράφονται με κύματα, όπως είναι π.χ. το φως. Το νετρίνο είναι επίσης ένα κύμα που αναπτύσσεται στο μέλλον. Όταν αλλάξουμε το σημείο του χρόνου και το κάνουμε αρνητικό, τότε έχουμε ένα κύμα που αναπτύσσεται στο παρελθόν. Τέτοια κύματα παριστάνουν αντισωματίδια, όπως απορρέει από τη θεωρία του Dirac. Γι' αυτό το λόγο πολλές φορές στα διαγράμματα εισάγουμε βέλη (βλ. Σχ. 2, 7), ή κατεύθυνση τών όποιων ξεχωρίζει σωματίδια από αντισωματίδια.



Σχῆμα 7α.



Σχῆμα 7β

Τὰ νετρίνα ἔχουν τὴν ιδιότητα ὅτι μπορούμε νὰ κατασκευάσουμε κβαντικές καταστάσεις προσθέτοντας ἴσα κύματα ἀπὸ σωματίδια καὶ αντισωματίδια. Ἄς παραστήσουμε τὸ νετρίνο μὲ N_1 καὶ τὸ αντινετρίνο μὲ N_1^c . Ἡ φυσικὴ κατάσταση

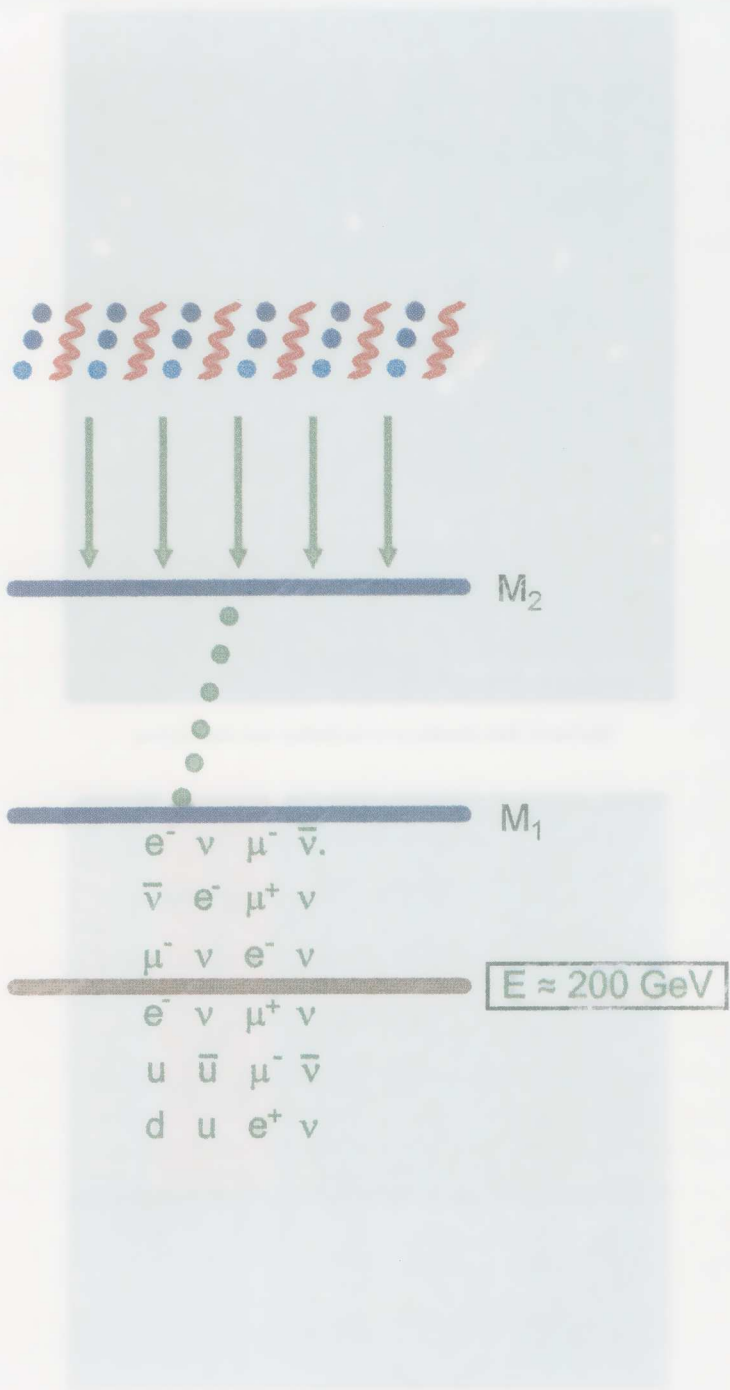
$$N_1 + N_1^c$$

ὀνομάζεται Majorana νετρίνο. Ὄταν τώρα πάρουμε Majorana νετρίνα καὶ εἰσαγάγουμε μιὰ μικρὴ ἀσυμμετρία CP, μπορεῖ αὐτὴ νὰ παραγάγει τὴν διαφορὰ ὕλης-ἀντιῦλης ποὺ ἐπιθυμοῦμε. Συγκεκριμένα ὑπάρχει μιὰ προηγούμενη πρόταση ὅτι ἡ διαφορὰ ὕλης-ἀντιῦλης προέρχεται ἀπὸ τὴ διάσπαση τῶν νετρίνων μὲ μιὰ μικρὴ διόρθωση[17]. Ἐμεῖς προτείναμε ὅτι ἡ αὐτο-αντίδραση τῶν νετρίνων μὲ τὸν ἑαυτό τους (self-energy) παράγει τὶς φυσικὲς καταστάσεις[18]. Κατ' αὐτὸ τὸν τρόπο ἐκπληρώνονται δυὸ ἀπὸ τὶς προϋποθέσεις τοῦ Sacharov. Οἱ φυσικὲς καταστάσεις εἶναι:

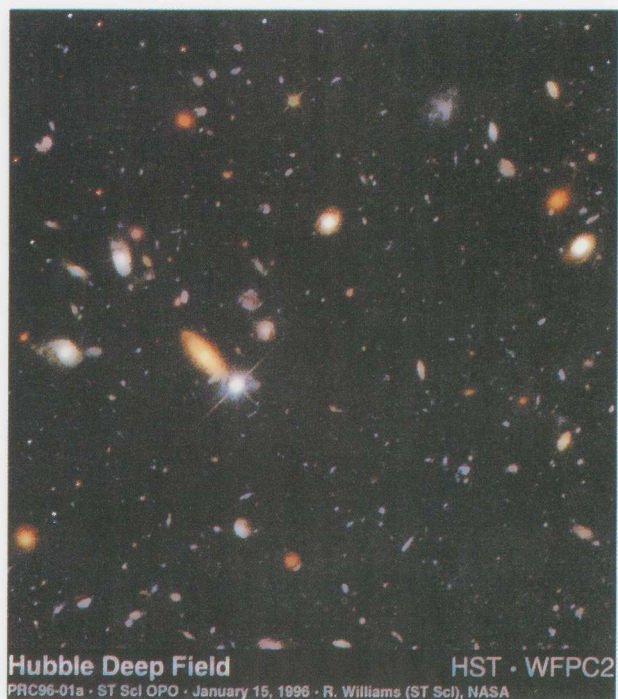
$$\psi_1 = a_1 N_1 + b_1 N_1^c + c_1 (N_2 + N_2^c)$$

$$\psi_2 = a_2 N_2 + b_2 N_2^c + c_2 (N_1 + N_1^c)$$

μὲ τὶς σταθερὲς $a_1 \neq b_1$ καὶ $a_2 \neq b_2$



Σχήμα 8



Εικόνα 2. Μια άποψη από το βάθος του σύμπαντος.

| | | | | |
|--------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|----------------|
| Quarks | u up | c charm | t top | Force Carriers |
| | d down | s strange | b bottom | |
| Leptons | ν_e e-neutrino | ν_μ μ-neutrino | ν_τ τ-neutrino | g gluon |
| | e electron | μ muon | τ tau | W W boson |
| | | | | Z Z boson |
| I II III | | | | |
| Generations of matter | | | | |

Εικόνα 3. Πίνακας των σωματιδίων.

Ἡ διάσπαση τοῦ ψ_1 παράγει περισσότερα λεπτόνια ἀπὸ ἀντιλεπτόνια. Τὸ πλεόνασμα ἴσως τῶν λεπτονίων δὲν διατηρεῖται, διότι ἀντίστροφες ἀντιδράσεις, ὡς συντήξεις λεπτονίων, ἐξαλείφουν τὸ πλεόνασμα. Ἀσφαλῶς, τὸ πλεόνασμα διατηρεῖται νὰ παρουσιάζεται σὲ μεγάλη κλίμακα ὅταν οἱ ἀντίστροφες συντήξεις σταματήσουν, δηλαδὴ πάψουν νὰ συμβαίνουν.

Στὴν ἀρχὴ τοῦ σύμπαντος ὑπῆρχαν ἴσες ποσότητες ὕλης καὶ ἀντιύλης. Καθὼς τὸ σύμπαν διαστέλλεται, ἡ θερμοκρασία του ἐλαττώνεται συνεχῶς. Μικρότερη θερμοκρασία σημαίνει μικρότερη ἐνέργεια. Ἡ ἐνέργεια κάθε σωματιδίου ἐπίσης ἐλαττώνεται (βλ. σχῆμα 8).

Ἔτσι ἡ ἐνέργεια κάποτε γίνεται μικρότερη κατὰ τὸ ἕμισυ τῆς μάζας τοῦ βαρύτερου νετρίνου. Αὐτὸ τὸ νετρίνο διασπᾶται ἀλλὰ δὲν μπορεῖ νὰ ἀναπαραχθεῖ, διότι δὲν ὑπάρχει ἀρκετὴ ἐνέργεια. Ὑπάρχουν διασπάσεις, ἀλλὰ ὄχι ἀναπαραγωγές καὶ τὸ σύμπαν ἀποκλίνει ἀπὸ τὴ θερμοδυναμικὴ ἰσορροπία, διότι οἱ ἀντιδράσεις γίνονται σὲ μία μόνο κατεύθυνση. Μὲ τὴν πάροδο τοῦ χρόνου ἡ ἐνέργεια γιὰ κάθε σωματίδιο στὸ σύμπαν εἶναι μικρότερη ἀπὸ τὴ μισὴ μάζα τοῦ ἐλαφρύτερου νετρίνου τύπου Majorana. Ὡς ἀποτέλεσμα, τὸ σύμπαν ξεφεύγει ἀπὸ τὴ θερμοδυναμικὴ ἰσορροπία. Κάθε βαρὺ νετρίνο διασπᾶται καὶ ἀφήνει μιὰ σφραγίδα τῆς ὑπαρξῆς του στὸ πλεόνασμα τῶν λεπτονίων.

Σύμφωνα μὲ τὴν εἰκόνα ποὺ περιγράψαμε ἡ δημιουργία τῶν σωματιδίων ψ_1, ψ_2 καὶ οἱ ἐπακόλουθες διασπάσεις παράγουν πλεόνασμα λεπτονίων. Ἀργότερα ἕνα μέρος τοῦ πλεονάσματος μετατρέπεται σὲ πλεόνασμα Quarks. Αὐτὴ ἡ ἐξέλιξη ἀπαιτεῖ καὶ τὴ διαστολὴ τοῦ σύμπαντος, ἡ ὁποία προσδιορίζει τὴν ἀνάπτυξη τοῦ χρόνου πρὸς τὸ μέλλον.

Ἡ πρότασή μας ἔγινε τὸ 1994, ὅταν οἱ ἀντιλήψεις τῶν φυσικῶν συνέκλιναν στὸ συμπέρασμα ὅτι τὰ νετρίνα ἔχουν πολὺ μικρὲς ἢ μηδενικὲς μάζες. Ἐν τῷ μεταξύ ἔχουν παρατηρηθεῖ φαινόμενα ποὺ ἀπαιτοῦν τὰ νετρίνα νὰ ἔχουν μικρὲς ἀλλὰ ὄχι μηδενικὲς μάζες. Οἱ παρατηρήσεις γίνονται σὲ πειράματα κάτω σὲ ὄρυχεῖα γιὰ νὰ ἐλαττωθεῖ ἡ ἀκτινοβολία τοῦ περιβάλλοντος. Ἡ πειραματικὴ ὁμάδα τοῦ Superkamiokande στὴν Ἰαπωνία παρατήρησε ὅτι τὰ νετρίνα ποὺ παράγονται στὰ ἀνώτερα στρώματα τῆς ἀτμόσφαιρας ἐλαττώνονται σημαντικὰ ὅταν φθάσουν τοὺς ἀνιχνευτὲς τοῦ πειράματος. Τὸ φαινόμενο ἐξηγεῖται σὰν μιὰ διακύμανση τῶν νετρίνων τῆς δευτέρης γενιᾶς σὲ νετρίνα τῆς τρίτης γενιᾶς[19]. Ἐπιπλέον ἔχουν προσδιορίσει τὴ διαφορὰ μάζας τῶν δύο τύπων νετρίνων καὶ βρῆκαν

$$m_{\mu}^2 - m_{\tau}^2 \approx 10^{-2}(eV)^2$$

Διαφορετικὰ πειράματα παρατηροῦν νετρίνα ποὺ παράγονται στὸ κέντρο τοῦ

ήλίου και φθάνουν μέχρι τη γῆ. Έχει παρατηρηθεῖ ὅτι μόνο τὰ μισὰ ἀπὸ τὰ ἡλιακὰ νετρίνα φθάνουν στὴ γῆ. Καὶ πάλι ἡ ἐξήγηση εἶναι ἡ διακύμανση τῶν νετρίνων τῆς πρώτης γενιᾶς σὲ νετρίνα τῆς δευτέρας γενιᾶς[20]. Ὡς συμπέρασμα τὰ νετρίνα ἔχουν μικρὲς μάζες καὶ ἡ πρόταση γιὰ τὶς φυσικὲς καταστάσεις ψ_1 καὶ ψ_2 γίνεται πιὸ ἐλκυστικὴ καὶ πιστευτὴ.

Σ' αὐτὴ τὴν ὁμιλία προσπάθησα νὰ παρουσιάσω μιὰ εἰκόνα τῆς ἐξέλιξης τοῦ σύμπαντος καὶ νὰ τονίσω ὅτι ἡ ἐξέλιξη σχετίζεται πολὺ στενὰ μὲ τὰ στοιχειώδη σωματίδια. Τὰ Quarks παίξουν σημαντικὸ ρόλο στὸ ἀρχικὸ στάδιο τοῦ σύμπαντος καὶ στὰ στοιχειώδη σωματίδια. Ἡ φυσικὴ τους ὄντοτητα περιγράφεται στὸ QUARK-PARTONS μοντέλο, ποὺ ἐπαληθεύεται στὰ πειράματα. Τὰ παρτόνια εἶναι βασικὲς μονάδες μέσα στὰ ἀδρόνια καὶ τὰ πειράματα ἔχουν παρατηρήσει ὅτι εἶναι Quarks καὶ Gluons.

Οἱ ἔρευνες στὸν κλάδο μας συνεχίζονται, διότι ὑπάρχουν ἄλυτα προβλήματα. Μερικὰ σημαντικὰ θέματα εἶναι: 1. Οἱ μάζες καὶ οἱ ιδιότητες τῶν νετρίνων (τὰ νετρίνα εἶναι τύπου Majorana ἢ τύπου Dirac;). 2. Ὅλες οἱ μάζες προέρχονται ἀπὸ τὸ σωματίδιο Higgs, τὸ ὁποῖο δὲν ἔχει ἀνακαλυφθεῖ μέχρι σήμερα. 3. Νέες παρατηρήσεις μὲ τηλεσκοπία καὶ ἀνιχνευτὲς σὲ δορυφόρους, στὴ γῆ καὶ κάτω ἀπὸ τὴ θάλασσα (Νέστωρ κλπ.) προσπαθοῦν νὰ παρατηρήσουν νέα φαινόμενα τοῦ σύμπαντος. 4. Πειράματα σὲ νέους ἐπιταχυντὲς (B-factories, LHC, Tesla κλπ.) θὰ ἐξετάσουν νέες πτυχὲς στὰ θέματα ποὺ περιέγραψα.

Στὸ μέλλον ἀναμένεται στενὴ συνεργασία στοὺς κλάδους κοσμολογίας καὶ φυσικῆς στοιχειωδῶν σωματιδίων καὶ ἐλπίζω νὰ ἐπιφέρει συνεχὴ ἀνάπτυξη τῶν γνώσεών μας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

1. Πατριάρχης Φώτιος, Μυριόβιβλος, Πυθαγόρου βίος, σ. 1317: «Ὅτι πρῶτος Πυθαγόρας τὸν οὐρανὸν κόσμον προσηγόρευσε διὰ τὸ τέλειον εἶη».

2. M. Gell-Mann, A Schematic Model of Baryons and Mesons, Phys. Lett. 8 (1964) 214; Βραβεῖον Nobel (1969) «for his ... discoveries concerning the classification of elementary particles and their interactions».

G. Zweig, An SU(3) Model for Strong Interaction Symmetry and its Breaking, CERN preprints TH-8212 καὶ 8214 (1964).

3) J. D. Bjorken, Asymptotic Sum Rules and Infinite Momentum, Phys. Rev. 179 (1969) 1547-1553.

4. R. P. Feynman, Very High-Energy Collisions of Hadrons, Phys. Rev. Lett. 23 (1969) 1415-1417.

R. P. Feynman, The Behavior of Hadron Collisions at Extreme Energies, Talk at the Int. Conf. on High Energy Collisions, Stony Brook, N.Y. Oct. 1969.

‘Ο Feynman τιμήθηκε με τὸ βραβεῖο Nobel (1965) μαζί με τὸν J. Schwinger and S. I. Tomonaga, «for their fundamental work in quantum electrodynamics...».

5. J. D. Bjorken καὶ E. A. Paschos, Inelastic Electron-Proton and γ -Proton Scattering and the Structure of the Nucleon, Phys. Rev. 185 (1969) 1975-1982.

6. E. D. Bloom et al., High Energy Inelastic e-p Scattering at 6° and 10° , PRL 23 (1969) 930-934.

7. M. Breidenbach et al., Conserved Behavior on Highly Inelastic Electron-Proton Scattering, PRL 23 (1969) 935; ‘Απὸ τὴν πειραματικὴ ὀμάδα τοῦ MIT-SLAC οἱ J. I. Friedman, H. W. Kendall and R. E. Taylor τιμήθηκαν με τὸ Βραβεῖο Nobel (1990) «for their pioneering investigations concerning deep inelastic scattering of electrons on protons and neutrons...»

8. Δ. Δ. Κωτσάκης, ‘Η συγκρότησις τοῦ Σύμπαντος, ‘Αθήναι 1971, σ. 48.

9. W. H. K. Panofsky, in the Proceedings of the 14th Int. Conference on High-Energy Physics, Vienna (1968), σσ. 36-37.

10. S. Aid et al., Nucl. Phys. B 470 (1996) 3-34; M. Derrick et al., Zeit. Phys. C72 (1996) 399-424.

11. D. J. Gross καὶ F. Wilczek, Phys. Rev. Lett. 30 (1973) 1343-1346.

H. D. Politzer, Phys. Rev. Lett. 30 (1973) 1346-1349.

12. S. Glashow, I. Iliopoulos, L. Maiani, Phys. Rev. D2 (1970) 1285-1292.

13. A. D. Sacharov, Pis'ma Zh. Eksp. Teor. Fyz. 5 (1967) 32-35.

14. G. Contopoulos and D. Kotsakis, *Cosmology*, Springer Verlag. (1986), Chapter 8; ἀπὸ τῆς πρώτης ἐργασίας στὸ θέμα ἀναφέρω: M. Yoshimura, Phys. Rev. Lett. 41 (1978) 284; S. Weinberg, Phys. Rev. Lett. 42 (1979) 850; D. V. Nanopoulos and S. Weinberg, Phys. Rev. D20 (1979) 2484.

15. T. Hambye, G. O. Köhler, E. A. Paschos, P. H. Soldan and W. A. Bardeen, Phys. Rev. D 58 (1998) 014017 καὶ Nucl. Phys. B 564 (2000) 391-429.

16. E. A. Paschos καὶ U. Türke, Nucl. Phys. B253 (1984) 29-43.

17. M. Fukugita καὶ T. Yanagida, Phys. Lett. B174 (1986) 45-47.

18. M. Flanz, E. A. Paschos, U. Sarkar, Phys. Lett. B 354 (1995) 248-252.

19. Super Kamiokande Collaboration, Y. Fukuda et al., Phys. Rev. Lett. 82 (1999) 2644.

20. B. Schwarzschild, Physics Today, October 1990, p. 17; for a summary of experiments: T. Kirsten, Rev. Mod. Physics 71 (1999) 1213-1232.