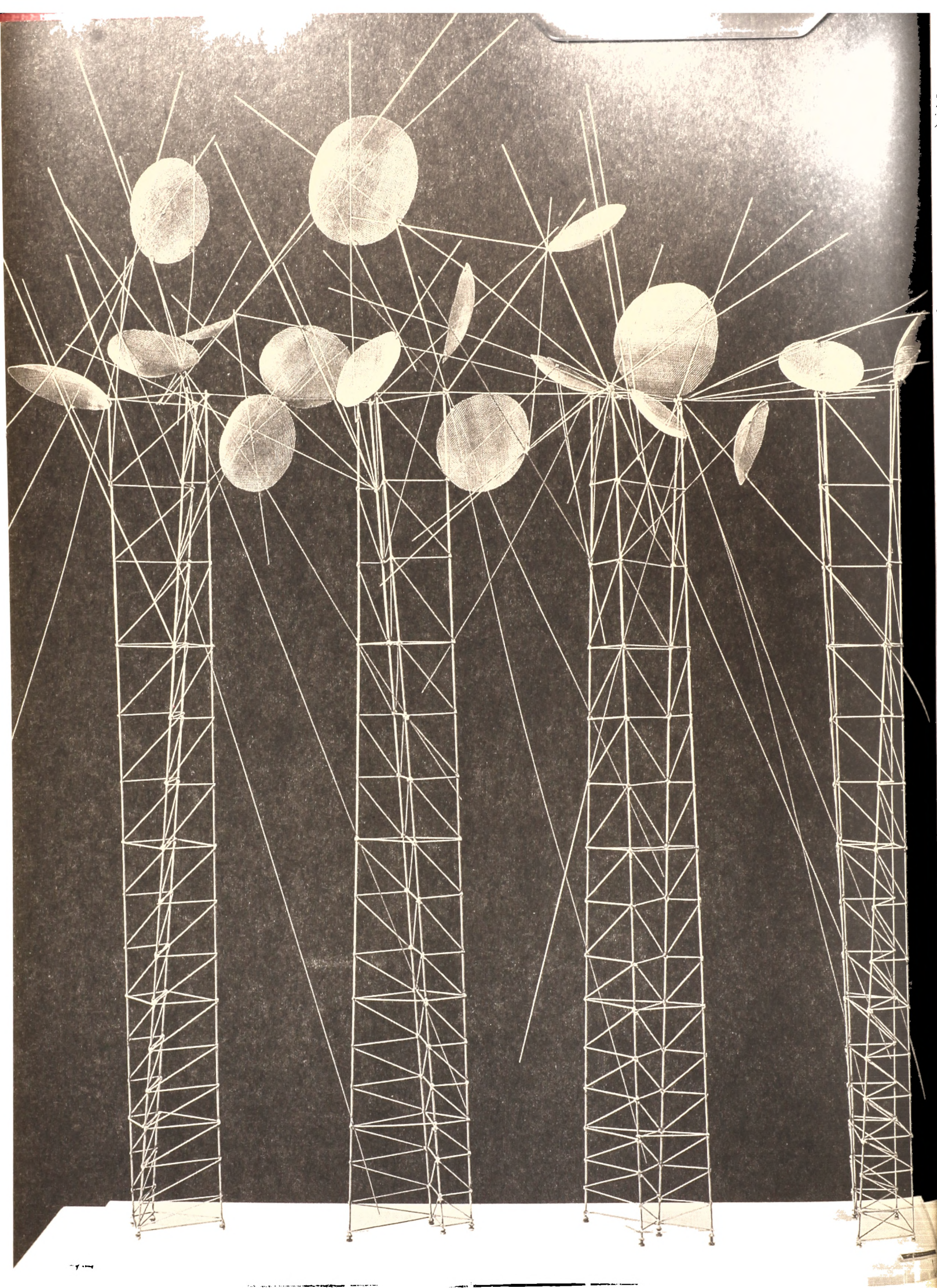


ΧΡΟΝΙΚΟ
ΤΗΣ
ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ



Γιώργος Ζογγολόπουλος, *TEL-NÉANT*, 1998, φωτ. Η. Γεωργούλας.

Τα πειράματα του νέου επιταχυντή του CERN και οι οντολογικές προεκτάσεις τους

Σκοτεινή ύλη, σκοτεινή ενέργεια, γλυόνια, ακόμη και σωματίδια του θεού, υποτίθεται ότι περιλαμβάνουν οι πιο πρόσφατες ανακαλύψεις της φυσικής. Βέβαια κανείς δεν είδε αυτά τα σωματίδια. Είναι υποθετικές οντότητες που εισήχθησαν για να ερμηνεύσουν πειραματικά και αστροφυσικά δεδομένα, που όμως είναι πολύ λίγα. Ούτε οι διαστάσεις του χωροχρόνου είμαστε σίγουροι ότι είναι δέκα ή έντεκα και όχι τέσσερις, όπως τις ξέραμε μέχρι πρόσφατα. Τι είναι πραγματικότητα και τι είναι εικασία, θα μας δείξουν τα νέα πειράματα που σχεδιάζονται στο νέο επιταχυντή του CERN (Ευρωπαϊκού Κέντρου Πυρηνικών Ερευνών). Ακόμη και η έννοια του σωματιδίου έχει αλλάξει στη σύγχρονη φυσική.

Η αναζήτηση ολονέν πιο θεμελιωδών νόμων της φύσης δεν θα πάψει ποτέ, όσο και αν γίνεται προσπάθεια για το αντίθετο από διάφορους κύκλους, που αποβλέπουν στο άμεσο όφελος από την επιστημονική έρευνα. Άμεσο όφελος σημαίνει εφαρμογή ήδη γνωστών επιστημονικών δεδομένων για παραγωγή εμπορεύσιμου προϊόντος και όχι παραγωγή νέας επιστήμης. Τα ενδεχόμενα οφέλη από την ανακάλυψη νέων φυσικών νόμων είναι και μακροπρόθεσμα και αβέβαια. Για το λόγο αυτό, η προσπάθεια των Αμερικανών επιστημόνων για ένα νέο επιταχυντή, παρόμοιο με αυτό του CERN, βρέθηκε αντιμέτωπη με τους οπαδούς του άμεσου κέρδους και απέτυχε. Ευτυχώς, στην Ευρώπη, παρά τις αντιδράσεις των οπαδών της εμπορευματοποίησης της επιστήμης, οι διάφορες χώρες που συμμετέχουν στο CERN, δέχτηκαν να επιχορηγήσουν ένα τέτοιο εγχείρημα, παρά το ότι στην πρώτη φάση τους τα πειράματα αυτά αναμένεται ότι θα κοστίσουν περίπου 5 δισεκατομμύρια ευρώ.

Ο νέος επιταχυντής αδρονίων του CERN έχει κατασκευαστεί με σκοπό την επαλήθευση ή τη διάψευση των νόμων της επιστήμης που διέπουν τις ιδιότητες των «στοιχειωδών» σωματιδίων της ύλης, που όμως δεν είναι καθόλου στοιχειώδη, όπως νομίζαμε παλιότερα. Έτσι, το γνωστό από τη σχολική φυσική πρωτόνιο, αποτελεί σύνθετο σωματίδιο, που όμως τα πιο στοιχειώδη σωματίδια που το απο-

τελούν, τα κουάρκς (quarks), δεν βρίσκονται ποτέ σε ακινησία, αλλά κινούνται με ιλιγγιώδεις ταχύτητες στο χώρο που καταλαμβάνει το πρωτόνιο. Εδώ πρέπει να σημειώσουμε ότι τα σωματίδια αυτά δεν είναι σωματίδια με την κλασική έννοια του όρου. Η ύπαρξή τους συνδέεται με τα διάφορα πεδία, όπως είναι το γνωστό μας ηλεκτρομαγνητικό πεδίο, που τα αντίστοιχα σωματίδια είναι τα φωτόνια. Το ορατό φως, για παράδειγμα, αποτελείται από φωτόνια στα οποία αντιστοιχούν διάφορα μήκη των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Όλα αυτά φαίνονται αρκετά μπερδεμένα, ακόμη και για φυσικούς που δεν είναι εξοικειωμένοι με την *Κβαντική Πεδιακή Θεωρία*. Στα επόμενα θα προσπαθήσουμε να ξεκαθαρίσουμε μερικά πράγματα για να εξηγήσουμε σε τι αποσκοπεί η νέα σειρά πειραμάτων του CERN, που η πρώτη δοκιμή του νέου του επιταχυντή στις 10 Σεπτεμβρίου 2008, πήρε μεγάλη δημοσιότητα και συνδέθηκε με την αναζήτηση του σωματιδίου του Higgs που σε πολλούς αρέσει να το αποκαλούν σωματίδιο του θεού, υπονοώντας θεολογικές προεκτάσεις. Ευτυχώς, τα άλλα σωματίδια δεν τα έφτιαξε ο θεός και ελπίζουμε ότι με τη νέα σειρά πειραμάτων να προσδιορίσουμε το πατέρα τους και ενδεχόμενα και τη μητέρα τους...

Ο νέος επιταχυντής του CERN έχει σκοπό να προκαλέσει τη σύγκρουση πρωτονίων. Η σύγκρουση αυτή θα γίνει αφού δυο δέσμες αυτών των σωματιδίων επιταχυνθούν, ώστε οι ταχύτητές τους να φτάσουν στο 99.999999% της ταχύτητας, διάδοσης του φωτός που είναι 300.000 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο. Αυτές οι ταχύτητες είναι απαραίτητες για να πλησιάσουν δυο αμοιβαίως απωθούμενα, λόγω του φορτίου τους, πρωτόνια. Η επιτάχυνση γίνεται με υπεραγώγιμους ηλεκτρομαγνήτες, που παράγουν χρονικά μεταβαλλόμενα ηλεκτρομαγνητικά πεδία που εξασκούν δυνάμεις πάνω στα θετικά φορτισμένα πρωτόνια. Με μαγνητικές δυνάμεις επίσης συγκρατούνται οι δέσμες πρωτονίων, για να μη διασκορπιστούν λόγω της αμοιβαίας άπωσης. Το εγχείρημα αυτό δεν είναι εύκολο, καθότι οι ηλεκτρομαγνήτες ψύχονται με υγρό Ήλιο σε θερμοκρασία 1,9 βαθμών Κέλβιν (271,3 κάτω από το μηδέν της κλίμακας Κελσίου). Μια από τις τεχνικές δυσκολίες είναι ότι το Ήλιο, σε αυτή τη θερμοκρασία είναι υπερρευστό, δηλαδή μπορεί να ρέει χωρίς αντίσταση. Έτσι, αν για παράδειγμα το βάλουμε σε ένα δοχείο που αποτελείται από πορώδες κεραμικό, θα διαφύγει έξω από το δοχείο. Οι δυσκολίες φάνηκαν από τις πρώτες δοκιμές, όπου έγινε διαρροή μιας μεγάλης ποσότητας Ηλίου. Τέτοιες αστοχίες όμως δεν είναι σπάνιες για μια τόσο σύνθετη συσκευή. Είναι απαραίτητο να γίνουν πολλές δοκιμές πριν πραγματοποιηθούν τα πειράματα, όπου οι δύο δέσμες, κινούμενες σε αντίθετη κατεύθυνση, θα συγκρουστούν.

Όπως ξέρουμε από τη βασική φυσική, κάθε επιτάχυνση ηλεκτρικού φορτίου συνοδεύεται με εκπομπή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Κανένας κίνδυνος όμως δεν υπάρχει για το περιβάλλον, εφόσον ο επιταχυντής βρίσκεται σε ένα τούνελ 27 χιλιομέτρων που το βάθος του κυμαίνεται από 50 έως 150 μέτρα. Επιπλέον, με το

μεγάλο βάθος αποφεύγονται οι κραδασμοί του εδάφους και τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα που προέρχονται από την κίνηση οχημάτων και άλλων επίγειων δραστηριοτήτων. Όσον αφορά το θόρυβο που δημιουργήθηκε σχετικά με τη δημιουργία μαύρων οπών που θα καταπιούν τη γη, εξάπτοντας την λαϊκή φαντασία, μπορούμε να πούμε ότι οι διαδόσεις αυτές όχι μόνο δεν στέκουν επιστημονικά, αλλά εξυπηρετούν και κάποιες σκοπιμότητες.

Με τη σύγκρουση δυο πρωτονίων, περιμένουμε ότι τα συστατικά τους θα «ανακαθευθούν», ώστε τελικά θα παραχθούν νέα ευσταθή συγκροτήματα, δηλαδή νέα σωματίδια και, μεταξύ αυτών, και το σωματίδιο που φέρει το όνομα «μποζόνιο του Higgs», στο οποίο σύμφωνα με το καθιερωμένο μοντέλο, οφείλεται η μάζα των σωματιδίων. Οι ενέργειες σύγκρουσης θα είναι τόσο μεγάλες, ώστε τα νέα σωματίδια θα είναι όπως εκείνα των πρώτων στιγμών της μεγάλης Έκρηξης (Big Bang) από την οποία, σύμφωνα με τις επικρατούσες θεωρίες, δημιουργήθηκε το σύμπαν όπως το βλέπουμε σήμερα (Σημείωση: Πρέπει να τονίσουμε εδώ ότι η θεωρία του Big Bang, όπως εμφανίστηκε αρχικά, ήταν εντελώς λανθασμένη από πλευράς φυσικής. Για παράδειγμα, προέβλεπε μηδενικό όγκο και τεράστιες θερμοκρασίες. Τεράστιες θερμοκρασίες όμως σημαίνει μεγάλες κινητικές ενέργειες. Αλλά πώς μπορεί να έχουμε κίνηση σε μηδενικό όγκο; Επιπλέον, παραβιάζονταν η ανισότητα του Heisenberg που αποτελεί βασική ανισότητα της Κβαντικής μηχανικής. Αλλά και το «νέο» Big Bang θεμελιώνεται σε μη ελέγξιμες, αν όχι θεολογικές παραδοχές, όπως και το πληθωριστικό πρότυπο. Και το κυριώτερο, η κοσμολογία μπορεί να αποφευχθεί για το προσιτό μέρος του Σύμπαντος Όχι για το Όλον. Αλλά γι' αυτά, στο επόμενο τεύχος της Ουτοπίας). Τα νέα σωματίδια που θα προέλθουν από τις κρούσεις μεταξύ των πρωτονίων προβλέπονται από το επικρατούν σήμερα μοντέλο, που φέρει το όνομα καθιερωμένο μοντέλο. Έτσι, με την ανίχνευση των νέων σωματιδίων θα δούμε αν η θεωρία αυτή ισχύει ακριβώς, προσεγγιστικά, ή είναι εσφαλμένη. Βάση της θεωρίας αυτής είναι οι διάφορου τύπου συμμετρίες. Οι συμμετρίες έχουν εισαχθεί στη δυναμική των πιο στοιχειωδών σωματιδίων της ύλης, για να ερμηνευθούν οι διάφορες κανονικότητες που παρατηρούνται στη διαμόρφωση αυτών των ευσταθών συγκροτημάτων που παλιότερα εθεωρούντο στοιχειώδη σωματίδια. Μερικές από αυτές τις συμμετρίες οφείλουν την προέλευσή τους στο χωροχρόνο, άλλες όμως είναι φαινομενολογικές, δηλαδή αν και ερμηνεύουν τα ήδη γνωστά πειραματικά δεδομένα, η προέλευσή τους είναι άγνωστη. Για να πάρουμε κάποια ιδέα για το ρόλο που παίζουν οι συμμετρίες, αναφέρω το παράδειγμα των νουκλεονίων (του πρωτονίου και του νετρονίου), που έχουν περίπου την ίδια μάζα. Η συμμετρία συνιστάται στο ότι οι πυρηνικές δυνάμεις μεταξύ των νουκλεονίων (πρωτονίου-πρωτονίου, πρωτονίου-νετρονίου και νετρονίου-νετρονίου) είναι οι ίδιες, σύμφωνα με τα πειραματικά δεδομένα. Αυτή η συμμετρία στη δυναμική των σωματιδίων, που η μαθηματική της περιγραφή γίνεται από μια αλγεβρική δομή που λέγε-

ται Ομάδα SU_2 μας οδηγεί να θεωρήσουμε το πρωτόνιο και το νετρόνιο σαν διαφορετικές καταστάσεις του ίδιου σωματιδίου. Οι δυο αυτές καταστάσεις διαφέρουν κατά το ισοσπίν που σχετίζεται άμεσα με το ηλεκτρικό φορτίο (βλ. φορτίο = ισοσπίν + $1/2$). Η συμμετρία αυτή μας καθορίζει τις ευσταθείς καταστάσεις, δηλαδή ποιους ατομικούς πυρήνες περιμένουμε, όταν «αναμείξουμε» τέτοια σωματίδια. Οι δυνατοί ατομικοί πυρήνες, που είναι ευσταθή συγκροτήματα πρωτονίων και νετρονίων τα οποία κινούνται με μεγάλες ταχύτητες μέσα στον όγκο που καταλαμβάνει ο ατομικός πυρήνας, καθορίζονται από μια μαθηματική θεωρία που αξιοποιεί τη συμμετρία και λέγεται θεωρία Αναπαραστάσεων των Ομάδων. Η υπόθεση ύπαρξης αυτής της ομάδας, που όπως αναφέραμε φέρει το όνομα SU_2 , απέδωσε αρκετά, αλλά με τη συσσώρευση πειραματικών δεδομένων που αφορούσαν στις ιδιότητες των πυρήνων, διαπιστώθηκαν κάποιες αποκλίσεις από τις μαθηματικές προβλέψεις αυτής της θεωρίας. Το πρόβλημα ελύθη αρχικά με την ύπαρξη μεγαλύτερης συμμετρίας (ομάδας), της SU_3 της οποίας η SU_2 είναι υποσυμμετρία (Υποομάδα). Επισημαίνουμε εδώ ότι για την επίλυση του προβλήματος των πυρήνων εκτός από την SU_2 , υπάρχουν και δυο άλλες ομάδες συμμετρίας:

Αυτή που περιλαμβάνει όλες τις στροφές και μεταθέσεις στο χώρο που λέγεται I_3^3 καθώς και μια άλλη που μαθηματικά είναι εντελώς ίδια με την SU_2 , αλλά η προέλευσή της οφείλεται στην περιφορά του νουκλεονίου γύρω από τον άξονά του. Αλλά, για το πώς οι συμμετρίες στη δυναμική (αίτιο) συνεπάγονται καθορισμένες ιδιότητες των ευσταθών καταστάσεων ενός φυσικού συστήματος (αποτέλεσμα), που περιγράφονται από άλλες συμμετρίες, θα το δούμε σε ένα επόμενο άρθρο.

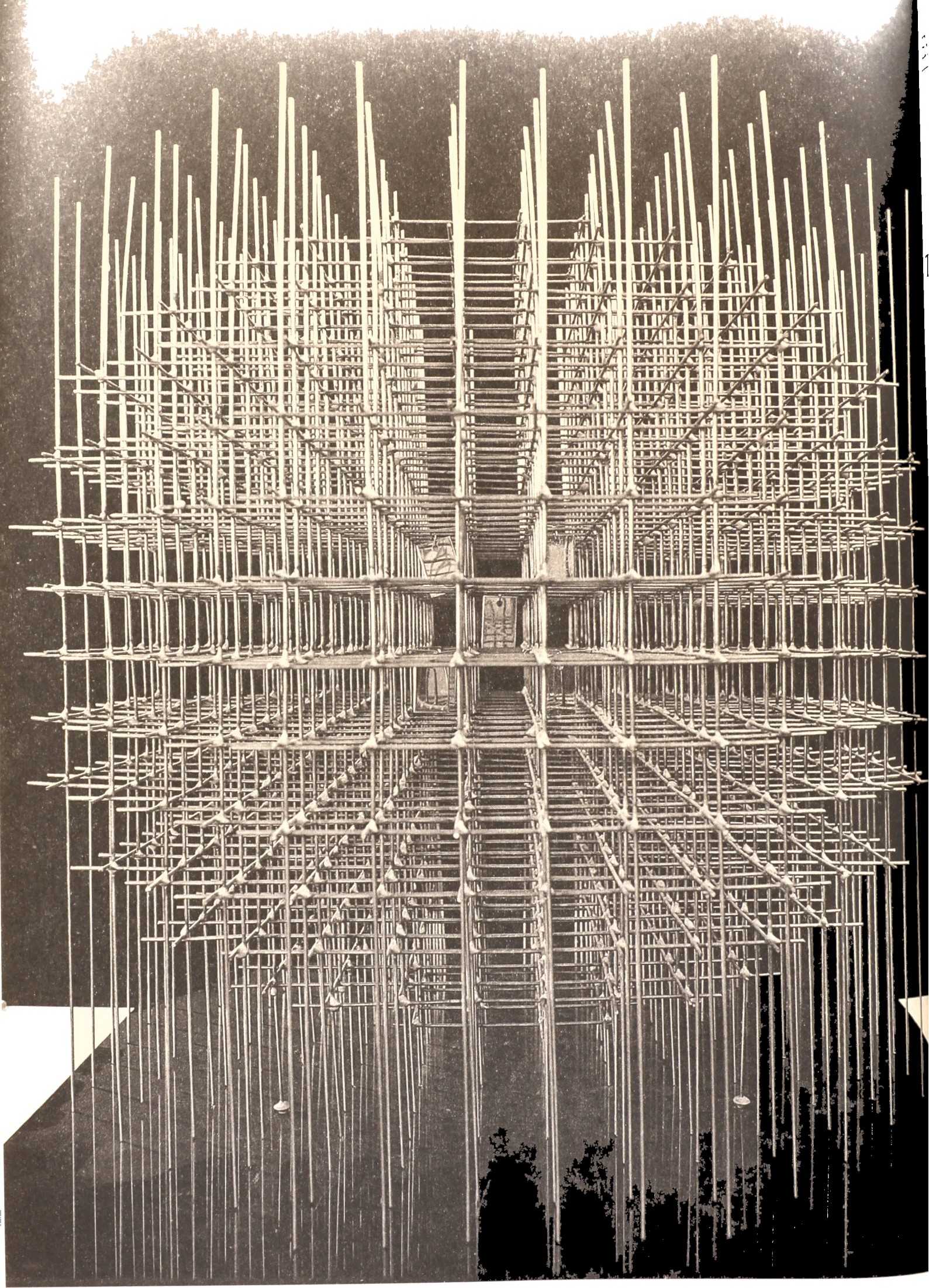
Η φυσική δεν σταματάει σε διαπιστώσεις, αλλά προχωρεί για να βρει τη βαθύτερη φύση των πραγμάτων. Έτσι προσπάθησαν να ενοποιήσουν τις διάφορες θεωρίες, αλλά και να βρουν τη φυσική τους προέλευση. Μια πρώτη ενοποίηση έγινε με το γνωστό μας ηλεκτρομαγνητισμό, όπου το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο εμφανίζονται σαν παράγωγα του ίδιου πεδίου. Η βασική εξίσωση του Ηλεκτρομαγνητισμού οδήγησε τον Lorentz στην ύπαρξη μιας συμμετρίας στο χωροχρόνο, που λέγεται Ομάδα Lorentz, και που αργότερα ο Einstein ανέδειξε τη φυσική ερμηνεία αυτής της συμμετρίας. Σήμερα προχωράμε ανάποδα. Θεωρούμε την Ομάδα συμμετρίας του χωροχρόνου δεδομένη και με βάση μπορεί να γράψουμε τις εξισώσεις των φυσικών οντοτήτων που είναι συμβατές με αυτή. Μια τέτοια εξίσωση είναι αυτή του Dirac, που περιγράφει τη χρονική εξέλιξη της κατάστασης των ηλεκτρονίων για μεγάλες ταχύτητες και που η εξίσωση του Schreödinger είναι μια προσέγγισή της η οποία ισχύει για χαμηλές ενέργειες.

Όπως έχουμε δει προηγούμενα, στη φυσική εισήχθησαν οι συμμετρίες του καθιερωμένου μοντέλου, που η προέλευσή τους είναι άγνωστη. Για το λόγο αυτό, έγινε εισαγωγή χωροχρόνου με περισσότερες διαστάσεις. Σήμερα η επικρατέστερη θεωρία είναι ότι ο χωροχρόνος αποτελείται από δέκα διαστάσεις, τις γνωστές τέσ-

σειρις (μήκος, πλάτος, ύψος, χρόνος) και άλλες έξι. Οι τελευταίες είναι αρκετά περίεργες εφόσον και αν προχωρήσουμε στην ίδια διεύθυνση, μετά από μια πολύ μικρή διαδρομή που είναι μικρότερη από τις ατομικές διαστάσεις, επανερχόμαστε στο ίδιο σημείο. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, τα διάφορα στοιχειώδη σωματίδια αποτελούνται από χορδές που πάλλονται και μπερδεύονται μεταξύ τους στο χωροχρονικό συνεχές. Η θεωρία αυτή φαίνεται αρκετά παράξενη και εξωτική ακόμη και για τους μυημένους στη σύγχρονη φυσική. Επιπλέον, σύμφωνα με αυτή τη θεωρία, δεν έχουμε μόνο ένα σύμπαν αλλά και άλλα, πολύ κοντά μας, που όμως δεν μπορεί να επικοινωνήσουμε μαζί τους. Αυτές οι υποθέσεις έχουν τροφοδοτήσει μια υποκουλτούρα σύμφωνα με την οποία υπάρχουν παράξενοι κόσμοι που οι κάτοικοί τους καμιά φορά μας επισκέπτονται στα κρυφά...

Με την νέα σειρά πειραμάτων του CERN, θα μπορέσουμε να ξεκαθαρίσουμε αν η θεωρία των πολλών διαστάσεων του χώρου ανταποκρίνεται έστω στοιχειωδώς στη φυσική πραγματικότητα. Επίσης, θα μπορέσουμε να δούμε σε ποιο βαθμό ισχύει το λεγόμενο καθιερωμένο μοντέλο συμμετριών και να δούμε τι διορθώσεις χρειάζεται, χωρίς να αποκλείουμε και την πλήρη απόρριψή του. Συμπερασματικά, μπορεί να πούμε ότι με τη νέα σειρά πειραμάτων του CERN, σε ένα χρονικό ορίζοντα είκοσι περίπου χρόνων, θα οδηγηθούμε σε νέα φυσική, απορρίπτοντας αρκετά στοιχεία της σημερινής και όχι μόνον: Οι οντολογικές συνέπειες των θεωριών που θα προκύψουν θα είναι τεράστιες.

Εν τέλει: Το καταπληκτικό πείραμα του CERN θα δώσει απαντήσεις σε συγκεκριμένα ερωτήματα της φυσικής. Δεν είναι δυνατόν να απαντήσει σε ερωτήματα όπως η γέννηση του Σύμπαντος, το οποίο ανήκει στη δικαιοδοσία της φιλοσοφίας.



Γιώργος Ζογγολόπουλος, Μνημείο Γοργοποτάμου, 1986.