

Η προσφορά του καθηγητή και ακαδημαϊκού Δημήτρη Νανόπουλου στη Θεωρητική Φυσική και τις Ενοποιημένες Θεωρίες

Στράτος Θεοδοσίου, Καθηγητής Ιστορίας & Φιλοσοφίας της Αστρονομίας Πανεπιστημίου Αθηνών
2 Δεκεμβρίου 2016

Η πορεία του προς την καθιέρωση

Όταν μιλάει κάποιος για τον επιστήμονα Νανόπουλο, την έρευνα και το βιογραφικό του μου έρχεται στο νου αμέσως η ρήση του *Mark Twain*: «Όταν μιλάνε για εμένα και με παρουσιάζουν νιώθω άβολα και στεναχωριέμαι κάπως». Μα γιατί του ανταπάντησαν, 'Το αξίζετε! «Ναι», λέει ο ίδιος, «αλλά ποτέ δεν λένε αρκετά!». Αυτό ακριβώς είναι ο Δημήτρης Νανόπουλος. Έχει κάνει τόσα πολλά... κι εμείς «Ποτέ δεν λέμε αρκετά για εκείνον».

Είμαστε σχεδόν συνομήλικοι και έτσι βιώσαμε περίπου τις ίδιες εμπειρίες. Τον καταλαβαίνω λοιπόν πάρα πολύ καλά. Κι εγώ άκουγα φανατικά στο ραδιόφωνο την εκπομπή «Οι περιπέτειες του Τζων Γκρη», που μεταδιδόταν κάθε Πέμπτη βράδυ, κι ίσως κι εκείνος άκουγε «Ένα κορίτσι και χίλιοι δίσκοι».

Ο Νανόπουλος γεννήθηκε σε μια σημαδιακή χρονιά, το 1948, τότε που ο περίφημος φυσικός και νομπελίστας *Richard Feynman* μαζί με τον επίσης νομπελίστα φυσικό *Julian Schwinger* ανέπτυξαν τη θεωρία της κβαντικής ηλεκτροδυναμικής *QED (Quantum ElectroDynamics)*, μια επανάσταση στη Φυσική. Ας σημειωθεί ότι η Κβαντική Ηλεκτροδυναμική αποτελεί την ένωση δύο μεγάλων θεωριών της Φυσικής, της Κβαντικής Μηχανικής και της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας.

Ως μαθητής ο Δημήτρης βιαζόταν. Ήθελε να απαντά στις ερωτήσεις της δασκάλας του, πριν εκείνη τις ολοκληρώσει και από παιδί επίσης ήθελε να εξηγή και να καταλαβαίνει το κάθε τι με τη λογική. Αυτή η τάση, παρότι του δημιούργησε κάποια προβλήματα σαν μαθητή, εντούτοις τον έκανε να γνωρίσει έναν πραγματικό καθηγητή Φυσικής στο 3ο Αμπελοκήπων, τον Βαγγέλη Τσιγκούνη. Από τη στιγμή εκείνη ένας χαρισματικός φυσικός είχε «γεννηθεί». Στην Τετάρτη Γυμνασίου, τότε δεν είχαμε διαχωρισμό σε Γυμνάσιο και Λύκειο, άκουσε στο Ραδιόφωνο για την ανακάλυψη της Κοσμικής ακτινοβολίας Υποβάθρου (*Cosmic microwave background radiation*) από τους *Penzias* και *Wilson*. Έτρεξε να το πει στους συμμαθητές του. Είμαι βέβαιος ότι θα τον κοίταζαν περιεργά. Ήταν ένα θέμα πολύ προχωρημένο για δεκαεξάχροδες. Εκείνος όμως είχε βρει τον δρόμο του και από τότε είχε αναπτύξει μια διαίσθηση ή μάλλον μια βεβαιότητα ότι στη φύση υπάρχει μια ενότητα των πάντων. Νομίζω ότι αυτή η διαίσθηση, αυτή η δημιουργική πλατωνική «μανία», είναι που τον καταξίωσε στον χώρο της Θεωρητικής Φυσικής.

Από παιδί, λοιπόν, ήθελε να κατανοήσει το Σύμπαν. Εξάλλου ήταν ένας «κοσμοφυσικός», ο αντίστοιχος κοσμοκαλόγερος της Φυσικής, όπως ο ίδιος λέει. Με το που πέρασε στο Τμήμα Φυσικής του Πανεπιστημίου Αθηνών είχε ήδη διαλέξει: Θεωρητική Φυσική και τελικό προσορισμό την Αμερική. Όταν το μεγαλύτερο πλήθος των συμφοιτητών του είχε άλλες ενασχολήσεις, εκείνος διάβαζε κβαντική φυσική και ανώτερα μαθηματικά για προσωπική του ευχαρίστηση. Πρωτοετής φοιτητής (1966), συχνάζοντας στο ονομαστό Βιβλιοπωλείο Ελευθερουδάκης της οδού Νίκης, είδε τους τρεις τόμους: *Feynman Lectures on Physics*, με το κατακόκκινο εξώφυλλο. Οι τρεις αυτοί τόμοι αποτελούσαν τα κείμενα των ονομαστών διαλέξεων του *Richard Feynman* στο *Caltech*, που αποτέλεσαν από τις αρχές

της δεκαετίας του 1960 ένα βασικότατο βοήθημα για τους σπουδαστές και τους λάτρεις της Φυσικής σε όλον τον κόσμο. Διαβάζοντάς τους η απόφασή του ενισχύθηκε ακόμα περισσότερο: Θεωρητική Φυσική!

Το 1967 ο *Steven Weinberg*, Nobel Φυσικής 1979, κατάφερε να ενώσει τη θεωρία βαθμίδας (*gauge theory*) του *Sheldon Lee Glashow* και τον μηχανισμό του *Higgs* και έτσι να σχηματίσει ένα ολοκληρωμένο μοντέλο της ηλεκτρασθενούς θεωρίας (δηλαδή ενοποίηση των μαγνητικών και των ασθενών αλληλεπιδράσεων). Ήταν το πάθος του Νανόπουλου που τον έσπρωξε, τρίτοετή πια φοιτητή, να διαμαρτυρηθεί στον πρότανη για την εκδίωξη του Γεράσιμου Λεγάτου από το Πανεπιστήμιο Αθηνών. Ήταν Χούντα και ο Λεγάτος ήταν αριστερός. Ο Νανόπουλος, με προοδευτικές ιδέες, βασικά έχανε τον καλό καθηγητή που του δίδασκε Διαφορικές Εξισώσεις, αλλά ήταν και πολιτικά αυτόνομος, πράγμα που δεν του το συγχωρούσαν οι σκληροπυρηνικοί αριστεροί συμφοιτητές του.

Πανεπιστήμιο του Sussex και πρωτοποριακή έρευνα

Ο ίδιος έψαχνε ένα σκοπό ζωής που ήταν μόνο η Φυσική, γι' αυτό με το που έλαβε το πτυχίο του και ορκίστηκε (1971) πήρε ταυτόχρονα και την οριστική απόφαση να συνεχίσει τις σπουδές του στο εξωτερικό προκειμένου να ασχοληθεί με τις ενοποιημένες θεωρίες (παρά τις αντίθετες συμβουλές που του έδιναν οι περισσότεροι). Ο παθιασμένος Νανόπουλος, σε ερώτηση του πατέρα του τι δώρο ήθελε, επειδή πήρε το πτυχίο του, ζήτησε να τον γράψει συνδρομητή στο *Physics Today*, το ονομαστό περιοδικό της *American Physical Society*!

Θεωρώ ότι η καριέρα του ξεκινά τον Σεπτέμβριο 1971. Αρχικά πηγαίνει στο Πανεπιστήμιο του *Manchester*, φεύγει αμέσως όμως γιατί εκεί τον δέχτηκαν στο Τμήμα της Πυρηνικής Φυσικής, και κατευθύνεται στο Πανεπιστήμιο του *Sussex*. Οι συγκυρίες έρχονται η μία μετά την άλλη. Τον δέχονται για Θεωρητική Φυσική! Οι ενοποιημένες θεωρίες είναι μπροστά του. Για να το γιορτάσει χαρίζει στον εαυτό του το βιβλίο με τις διαλέξεις φυσικών από το ονομαστό Συνέδριο του *Coral Gables* στη *Florida*. Του προκαλεί ενδιαφέρον η ομιλία του Άγγλου φυσικού *John Ellis* και ήταν σημάδια αυτό γιατί τέσσερα χρόνια αργότερα θα έγραφαν μαζί για το μποζόνιο του *Higgs*. Δηλαδή για ένα θεμελιώδες σωματίδιο, που προβλέφθηκε θεωρητικά από τον *Peter Higgs*, και είναι η απάντηση στην ερώτηση γιατί τα στοιχειώδη σωματίδια έχουν μάζες. Μολονότι το πεδίο *Higgs* δεν είναι καθαυτό μετρήσιμο, επιταχυντές μπορούν να το διεγείρουν και να απελευθερώσουν ανιχνεύσιμα μποζόνια *Higgs*.

Τα καλά ελληνικά Πανεπιστήμια

Στο Σάσσεξ συνειδητοποιεί ότι δεν έχει να ζηλέψει τίποτα από τους συμφοιτητές του που προέρχονταν από το *Cambridge* και την Οξφόρδη. Έτσι ουσιαστικά τον Μάιο 1972 ολοκληρώνει το διδακτορικό του. Φυσικά βρέθηκε στο *Sussex* σε μια εποχή που ξεινούσε στο πεδίο της θεωρητικής φυσικής η μεγάλη επανάσταση με τις ενοποιημένες θεωρίες. Εν τούτοις, παρότι δεν το γράφει συχνά στο βιβλίο του καταλαβαίνω ότι δούλεψε σκληρά, πολύ σκληρά μάλιστα.

Αρχικά συνεργάζεται με έναν νεαρό Άγγλο φυσικό, τον *Alex Love*. Είναι παθιασμένος του λέει τις σκέψεις του για τα *quarks* και μένει ξάπρυνος δουλεύοντας όλο το βράδυ για να του παρουσιάσει, την επόμενη ημέρα από τη συνομιλία τους, τις απόψεις του. Έτσι γράφτηκε το πρώτο του *paper*, τον Ιούλιο 1972, με τον *Alex Love* και τον *Graham Ross*. Σ' αυτό, οι τρεις τους πρότειναν ένα πείραμα για την πειραματική επαλήθευση της θεωρίας *Glashow, Weinberg, Salam* (ολοκληρωμένο μοντέλο της ηλεκτρασθενούς θεωρίας). Το πείραμα πραγματοποιήθηκε, το 1979, στο *SLAC* στο *Stanford*. Και

φυσικά το *paper* του Νανόπουλου ήταν 1^η αναφορά: "*Muon-proton scattering and the effect of neutral currents in the scaling region*", [*Nuclear Physics* **B49** (1972) 513-524] ¹.

Τελειώνει την έρευνά του στο *Sussex* (Μάιος 1972) και πηγαίνει στο Εργαστήριο *Rutherford*, όπου για 12 μήνες δουλεύει σαν τρελός: 12 *papers*. Τότε του ανακοινώνουν ότι ουσιαστικά ολοκληρώθηκε η παρουσία του στο *Sussex* (1973), «κεραυνός εν αιθρία», αν μολονότι το προσπερνά στο βιβλίο του, εγώ μπορώ να σας πω τι ένιωσε: «Επί ξύλου κρεμάμενος!» Ήταν όμως πάρα πολύ καλός. Η πρωτοποριακή και παραγωγική δουλειά του ήταν φανερή και δημοσιευμένη. Έτσι, ο *Norman Dombey*, ο *supervisor* του, τον κρατά για μεταδιδακτορικές σπουδές. Αν και δεν το πίστευε ήταν ήδη γνωστός. Μόλις 25 ετών. Η δουλειά με τα 12 *papers* είχε φτάσει σε ολόκληρο τον κόσμο.

Πρώτη φορά στο CERN, École Normale Supérieure και Wisconsin

Τον Σεπτέμβριο τον καλούν στο *CERN*. Εκεί συναντά τον *John Ellis*. Με επιστημονικό «θράσος», όπως λέει ο ίδιος, μόλις 26 ετών, προσπαθούσε να βρει έναν έξυπνο τρόπο πειραματικής επιβεβαίωσης των ενοποιημένων θεωριών. Ήδη, το 1973, είχαν παρατηρηθεί, εμμέσως, τα *W* και *Z* μποζόνια, που ήταν οι φορείς των ασθενών αλληλεπιδράσεων. Εκείνος δεν ήταν ικανοποιημένος, έψαχνε να βρει κάτι επιστημονικά συγκλονιστικό και το βρήκε: του ήρθε σαν επιφοίτηση. Ήταν το ξεχασμένο μποζόνιο *Higgs* που θα έδινε απάντηση στην ερώτηση γιατί τα στοιχειώδη σωματίδια έχουν μάζες. Αυτό έπρεπε να αναζητηθεί στον επιταχυντή. Σε κατάσταση «παραρροσύνης», χρησιμοποιώ τις δικές του εκφράσεις, το λέει στον *John Ellis*, και μαζί με τη *Mary Gaillard* γράφουν το 1976, το περίφημο *paper* "*A Phenomenological profile of the Higgs Boson*" [*Nuclear Physics* **B106**, (1976), 292] ², όπου οι τρεις τους περιγράφουν τη διαδικασία "*Higgs-strahlung*", δηλαδή την ακτινοβολία *Higgs* στην οποία ένα μποζόνιο *Higgs* ακτινοβολείται από ένα *Z*-μποζόνιο. Αυτό αποδείχθηκε ότι ήταν ο καλύτερος τρόπος για να αναζητηθεί το μποζόνιο *Higgs* στον *LHC* (*Large Hadron Collider*). Ο *Peter Higgs* παραλαμβάνοντας το βραβείο *Nobel* Φυσικής (10 Δεκεμβρίου 2013) έκλεισε την ομιλία του αναφερόμενος στο περίφημο αυτό *paper* ³.

Το 1976 βρέθηκε στην *École Normale Supérieure* στο Παρίσι και τον Μάιο 1976 φεύγει για την Αμερική, το παγκόσμιο κέντρο της επιστήμης, προσκεκλημένος από το Πανεπιστήμιο του *Wisconsin* για δώσει κάποιες διαλέξεις πάνω στην έρευνά του. Γνωρίζεται αμέσως με τον σπουδαίο φυσικό *Sheldon Lee Glashow*, καθηγητή στο *Harvard*, που δείχνει να τον ξέρει. Τι μεγάλη τιμή για έναν νεαρό φυσικό.

Από το Πανεπιστήμιο του *Wisconsin* τον στέλνουν στο *Stanford* στον επιταχυντή *SLAC* για να δει μια συγκεκριμένη ανακάλυψη στο πεδίο των υψηλών ενεργειών και πίσω στο *Wisconsin* τους την περιγράψει άψογα. Όμως... απογοήτευση. Η πολυπόθητη πρόταση για να εργαστεί στην Αμερική δεν έρχεται. Επιστρέφει στο Παρίσι. Αλλά τα πράγματα είχαν πάρει τον δρόμο τους. Μια εβδομάδα μετά τον καλούν να δουλέψει στο Πανεπιστήμιο του *Wisconsin* (Σεπτέμβριος, 1976). Όλα κατακτώνται με κόπο. Εκεί κι αν δούλευε σαν μανιακός, 20 ώρες το 24ωρο! Η πρωτοπόρα δουλειά όμως αμείβεται. Τον Νοέμβριο δέχεται τηλεφώνημα από τον ίδιο τον *Glashow*: «Νανόπουλε σε κλείνουμε από τώρα για τον επόμενο Σεπτέμβριο να δουλέψεις στο *Harvard*». Δηλαδή σε «καπαρώνουμε» σχεδόν ένα χρόνο πριν, επειδή δεν θέλουμε να σε χάσουμε. Απίθανα πράγματα. Αυτό κι αν ήταν καταξίωση.

¹ <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0550321372906165>

² <http://cds.cern.ch/record/874049> & <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0550321376903825>

³ http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2013/higgs-lecture.pdf

Στο Harvard και μετά πάλι στο CERN

Ο Νανόπουλος ήθελε να βιώσει τον μύθο του ονομαστού Πανεπιστημίου του *Harvard*, που περιλάμβανε τότε τη σημαντικότερη ομάδα φυσικών σε παγκόσμιο επίπεδο, γι' αυτό αρνήθηκε την πολύ δελεαστική αντιπροσφορά του Ουισκόνσιν: «Αμέσως θέση καθηγητή και πολύ περισσότερα χρήματα από αυτά του *Harvard*». Δεν το συζήτησε καν και πήγε στη Μέκκα των Φυσικών, το *Harvard*.

Αμέσως συνεργάτης με τον *Steven Weinberg* και τον *Sheldon Lee Glashow*, οι οποίοι, δύο χρόνια μετά, το 1979, πήραν το *Nobel* Φυσικής, και ήταν οι φυσικοί που παρεμπιπτόντως είχαν καθορίσει το 1972 την πορεία του στη Φυσική. Μεγαλειώδες: Συνεργάτης με τους μέντορές σου, μόλις πέντε χρόνια από τη λήψη του πτυχίου Φυσικής στην Ελλάδα.

Σημαντική η δουλειά του στο *Harvard* και το 1978 έγραψε το *paper* σταθμός με τους *Georgi, Glashow* και *Machacek*: "*Higgs Bosons from Two-Gluon Annihilation in Proton-Proton Collisions*" [*Phys. Rev. Lett.* **40**, 692]⁴, όπου υπολόγιζαν έναν τρόπο παραγωγής του μποζονίου *Higgs* (το *paper* αυτό ήταν συνέχεια εκείνου στο *CERN*, του *EGN*, με τον *John Ellis* και *Mary Gaillard*, για την παραγωγή του μποζονίου *Higgs*). Η μέθοδος που προτάθηκε με το *paper* του 1978, έμελλε να είναι εκείνη με την οποία, το 2011, έγινε στο *CERN* η παραγωγή του μποζονίου *Higgs*. Είπαμε η πρωτοπόρα δουλειά αμείβεται.

Τον Οκτώβριο 1978 τον καλεί ο *John Ellis* προτείνοντας του να πάει ως *staff member* στο *CERN*. Να αφήσει το *Harvard* για το *CERN*; Κι όμως δέχτηκε αμέσως:

1. Γιατί η δουλειά στο *CERN* ήταν πολύ σημαντική εκείνη την περίοδο, και
2. Επειδή έπρεπε να ανοίξει τα δικά του φτερά και να «αποδεσμευτεί» από τη σκιά του γίγαντα *Glashow*. Λογικό!

Έτσι στράφηκε στην υπερσυμμετρία, αλλά και στη θεωρία των χορδών για τις οποίες θεωρίες ο *Glashow* ήταν και είναι αρνητικός. Η θεωρία των υπερχορδών εισήχθη στη Φυσική καθώς οι τιμές που έβγαιναν μέχρι τότε, όταν οι φυσικοί λάμβαναν υπόψη τους και τη Βαρύτητα στις ενοποιημένες θεωρίες, εμφάνιζαν απειρισμούς.

Η θεωρία των Υπερχορδών

Εξέλιξη της θεωρίας των χορδών είναι η αντίστοιχη θεωρία των υπερχορδών (*Super String Theory*) που φιλοδοξεί να προσφέρει το κύριο πλαίσιο ενοποίησης όλων των αλληλεπιδράσεων, προσπαθώντας βασικά να ενοποιήσει τη Βαρύτητα με την κβαντική μηχανική. Οι πρώτοι υπολογισμοί με βάση την έννοια «χορδή» δεν ήταν ενθαρρυντικοί και οι θεωρητικοί φυσικοί κατέφυγαν στη βοήθεια της υπερσυμμετρίας. Έτσι οι χορδές «γεννήθηκαν» οι υπερχορδές. Η υπερσυμμετρία έφερε και το βαρυτόνιο, τον φορέα της Βαρύτητας. Κατ' αυτό τον τρόπο, αν και το αρχικό κίνητρο των θεωρητικών φυσικών ήταν να απαλλαγούν από τους απειρισμούς, η θεωρία των υπερχορδών δείχνει να υπόσχεται την τόσο αναμενόμενη ενοποίηση των τεσσάρων δυνάμεων του Σύμπαντος. Σύμφωνα με τη θεωρία, τα σωματίδια δεν είναι σημειακά, αλλά έχουν μονοδιάστατη υπόσταση με ένα ελαχιστότατο μήκος 10^{-34} cm ή κατ' άλλους 10^{-33} cm, τιμές που είναι κοντά στο γνωστό «μήκος του *Planck*», στο οποίο η Βαρύτητα θεωρείται ισοδύναμη με τις άλλες τρεις αλληλεπιδράσεις (δυνάμεις).

⁴ <https://lib-exthpc.kek.jp/preprints/PDF/1978/7803/7803066.pdf> & <http://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.40.692>

Το περίφημο paper BEGN

Το 1978, ο Νανόπουλος μαζί με τους *Ellis, Gaillard and Andrzej Buras*, γράφει το περίφημο *paper BEGN* (από τα αρχικά των επιθέτων τους): "*Aspects of the grand unification of strong, weak and electromagnetic interactions*" [*Nucl.Phys.* **B135** (1978) 66-92] ⁵. Το paper αυτό καθιέρωσε τις GUTs (*Grand Unified Theories*), τις Μεγάλες Ενοποιημένες θεωρίες, δηλαδή τις θεωρίες που προσπαθούσαν να ενώσουν τις ηλεκτρασθενείς και τις ισχυρές αλληλεπιδράσεις σε μία μόνη αλληλεπίδραση. Ήταν ο πρόδρομος της θεωρίας των χορδών, όπου ενώνονται όλες οι δυνάμεις (βαρυτικές, ηλεκτρασθενείς και ισχυρές) σε μία και μόνη δύναμη. Ανακάλυψαν επίσης ότι τα πρωτόνια αναγκαστικά πρέπει να διασπώνται. Και αυτό είναι πολύ σημαντικό, γιατί η γνώστη σε μας ύλη θα εξαφανιστεί, ευτυχώς, μετά από 10^{34} έτη. Απέδειξαν ακόμα ότι οι GUTs θα ήταν αυτοσυνεπείς μόνο εάν υπήρχαν έξι (6) είδη *quarks*: *up-down*, *strange-charm* and *top-bottom*. Τότε χρησιμοποίησαν την ύπαρξη μιας σχέσης «συμμετρικού χαρακτήρα» ανάμεσα στη μάζα των *quarks* και τη μάζα των λεπτονίων, πράγμα που επαληθεύτηκε από τον LEP (*Large Electron-Positron Collider*) το 1989.

Αστροσωματιδιακή Φυσική (Astroparticle Physics)

Για πρώτη φορά, στην έρευνά τους, γίνεται η σύνδεση στοιχειωδών σωματιδίων και κοσμολογίας. Αυτό επιτεύχθηκε χάρη στη στενή σχέση της υποθετικής διάσπασης του πρωτονίου και της ασυμμετρίας ύλης-αντιύλης που υπάρχει στο Σύμπαν. Τα προηγούμενα θεμελιώθηκαν με τα δύο *papers* (ένα με τον *Steven Weinberg* "*Mechanisms for Cosmological Baryon Production*" [*Phys.Rev.* **D20** (1979) 2484] ⁶ και το άλλο με τον *Ellis* και την *Gaillard*, "*Baryon number generation in grand unified theories*" [*Phys.Lett.* **80B** (1979) 360]), τα οποία επιπλέον έβαλαν τα θεμέλια για ένα νέο πεδίο της Φυσικής: *Astroparticle Physics* (Αστροσωματιδιακή Φυσική).

Το 1978, με τον *Douglas Ross* αναβαθμίζει σε ανώτερη τάξη το *paper BEGN* περί συμμετρίας λεπτονίων και *quarks*: "*Limits on the Number of Flavors in Grand Unified Theories from Higher Order Corrections to Fermion Masses*" [*Nucl.Phys.* **B157** (1979) 273-284] ⁸.

Physics is correlations, correlations, correlations και Υπερσυμμετρία

Δόγμα του, η ρήση των *Feynman* και *Glashow*: "*Physics is correlations, correlations, correlations*", ήτοι η Φυσική είναι συσχετισμοί, συσχετισμοί και συσχετισμοί. Δηλαδή ένα σφάλμα σε μια θεωρία ή σε ένα paper πιθανότατα να σε οδηγήσει, διορθώνοντάς το, σε μια μεγαλειώδη πρόταση. Ο λάθος δρόμος, σε μια εργασία τους, οδήγησε την ερευνητική του ομάδα στην υπερσυμμετρική θεωρία, που προτείνεται πλέον ως κεντρικό δόγμα στη Φυσική. Στη φύση δεν υπάρχουν «άταιρα» (χωρίς ταίρι) σωματίδια και το κάθε ένα συνδέεται με το υπερσυμμετρικό αντίστοιχό του, που έχει τις ίδιες ιδιότητες με αυτό, εκτός από τη μάζα και την ιδιοστροφομή (*spin*). Δηλαδή έπρεπε να ξεπεραστεί το *Standard Model* (Καθιερωμένο Πρότυπο) και απώτερος σκοπός ήταν η ενοποίηση των δυνάμεων (βαρυτικής, ασθενούς ηλεκτρομαγνητικής, ασθενούς πυρηνικής δύναμης και ισχυρής πυρηνικής δύναμης). Έτσι θα εξηγείτο και η σκοτεινή ύλη. Ας δούμε πως.

⁵ <http://cds.cern.ch/record/132734> & <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0550321378902146>

⁶ <https://lib-extopc.kek.jp/preprints/PDF/1980/8003/8003043.pdf> &
<http://journals.aps.org/prd/abstract/10.1103/PhysRevD.20.2484>

⁷ <http://cds.cern.ch/record/133058> & <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0370269379911900>

⁸ <http://cds.cern.ch/record/133466> & <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0550321379905078>

Σκοτεινή ύλη και σκοτεινή ενέργεια

Η πιο ολοκληρωμένη διατύπωση της θεωρίας περί υπερσυμμετρίας έγινε το 1973 από τους φυσικούς *Julius Wess* και *Bruno Zumino*⁹. Έμεινε όμως στα αζήτητα έως το 1979, έτος που την επανέφερε στο προσκήνιο ο Νανόπουλος και οι συνεργάτες του προτείνοντας την ύπαρξη υπερσυμμετρικών σωματιδίων.

Το 1982 έδωσαν τις ποιοτικές και ποσοτικές παραμέτρους για τη σκοτεινή ύλη στο Σύμπαν και πρότειναν για πρώτη φορά το *LSP* (*Lightest Supersymmetric Particle*), το Ελαφρότατο Υπερσυμμετρικό Σωματίδιο, που μπορεί να ταυτοποιηθεί με το κύριο συστατικό της σκοτεινής ύλης και είναι το *neutralino* (ουδετερίνο), ενώ αποτελεί γραμμικό συνδυασμό των υπερσυμμετρικών συντρόφων του: του φωτονίου, του μποζονίου-*Z* και των (δύο) μποζονίων *Higgs*. Ίσως το *neutralino* να είναι το κύριο συστατικό της σκοτεινής ύλης και πιθανότατα να επιβεβαιωθεί αυτό στο μέλλον από τον *LHC*. Έκτοτε έχει υπολογιστεί: Σκοτεινή ύλη 23% και σκοτεινή ενέργεια (μια μυστηριώδης δύναμη που επιταχύνει τη διαστολή του Σύμπαντος) 73%. Το υπόλοιπο 4% είναι η γνωριμή μας ύλη. Το περίεργο είναι ότι τη σκοτεινή ύλη τη «βλέπουμε», παρότι «σκοτεινή», επειδή μπορούμε να δούμε το ίχνος που αφήνει η μάζα της σε διάφορα εξελιγμένα όργανα μέτρησης.

Υπερβαρύτητα (Supergravity)

Τον Ιούλιο 1983 ο Νανόπουλος συναντά στο *CERN* τον πολύ καλό Ιταλό θεωρητικό φυσικό *Sergio Ferrara*. Αυτός υλοποίησε την ιδέα του για ένα δυναμικό το οποίο έπρεπε να μηδενίζεται σε μια ολόκληρη περιοχή, που να οφείλεται σε μια *field identity* (μια ταυτότητα πεδίου) η οποία δεν θα εξαρτάτο από την τιμή του πεδίου. Τότε, ο Δημήτρης Νανόπουλος, ο *Sergio Ferrara*, ο *E. Cremer* και ο Κώστας Κουννάς έγραψαν ένα πολύ σημαντικό *paper*, "*Naturally vanishing cosmological constant in N=1 Supergravity*" [*Phys.Lett.* **133B** (1983) 61]¹⁰, που τον οδήγησε στην Υπερβαρύτητα (*Supergravity*). Στη συνέχεια δημοσίευσε με τον *John Ellis*, το άρθρο "*No scale Supergravity*" [*Phys.Lett.* **143B** (1984) 410-414]¹¹ (Μη βαθμωτή υπερβαρύτητα ή Υπερβαρύτητα άνευ κλίμακας).

Την ίδια περίοδο, Σεπτέμβριος 1983, αρχίζει η επανάσταση των υπερχορδών, ένα ευρύτερο, αλλά συγγενικό πεδίο με την υπερβαρύτητα. Σημειωτέον ότι αφού το 2011 ανακαλύφθηκε το μποζόνιο *Higgs* οι θεωρητικοί φυσικοί αναμένουν πλέον την ανακάλυψη των υπερσυμμετρικών σωματιδίων μέσω πειραματικών διαδικασιών.

Πηγή

Στράτος Θεοδοσίου, Καθηγητής Ιστορίας & Φιλοσοφίας της Αστρονομίας Πανεπιστημίου Αθηνών

1. Νανόπουλος: θεωρία χορδών, υπερβαρύτητα, βραβείο Ωνάση...
<http://www.pemptousia.gr/2016/12/nanopoulos-theoria-chordon-ipervaritata-vravio-onasi/>
2. Νανόπουλος: 25 ετών με 12 *papers*
<http://www.pemptousia.gr/2016/12/nanopoulos-25-eton-me-12-papers/>
3. Νανόπουλος: έτσι θα βρείτε το σωματίδιο *Higgs*!
<http://www.pemptousia.gr/2016/12/nanopoulos-etsi-tha-vrite-to-somatidio-higgs/>
4. Δημήτρης Νανόπουλος: το περίφημο *paper* *BEQN*
<http://www.pemptousia.gr/2016/12/dimitris-nanopoulos-to-perifimo-paper-begn/>
5. Σκοτεινή ύλη, σκοτεινή ενέργεια, υπερβαρύτητα
<http://www.pemptousia.gr/2016/12/skotini-ili-skotini-energia-ipervaritata/>

⁹ <http://cds.cern.ch/record/201649> & <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0550321374903551>

¹⁰ <http://cds.cern.ch/record/147339> & <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0370269383901065>

¹¹ <http://cds.cern.ch/record/151595> & <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0370269384914928>