Περίοδος Δ' • Τεύχος 15 •Μάρτιος 2012

φαινόμενον....

Το Περιοδικό του Τμήματος Φυσικής του Α.Π.Θ.

Από τον Θαλή στον Αρχιμήδη: Οι θετικές επιστήμες κατά την ελληνική αρχαιότητα

- Το κυνήγι του μποζονίου Higgs
- Νετρίνα και πείραμα OPERA
- Συνέντευξη: Δ. Νανόπουλος
- Κβαντική συνείδηση
- E. Rutherford και πυρηνικό μοντέλο
- Το πρόγραμμα Erasmus

φαινόμενον

Περίοδος Δ΄ • Τεύχος 15
Μάρτιος 2012

Περιοδική έκδοση
του Τμήματος Φυσικής Α.Π.Θ.
(Προεδρία Θ. Λαόπουλου)

Συντακτική Ομάδα

Γεώργιος Δημητρακόπουλος
(Επικ. Καθηγητής Τμ. Φυσικής)
Ιωσήφ Κιοσέογλου
(Επικ. Καθηγητής Τμ. Φυσικής)
Ιωάννης Σαμαράς
(Επικ. Καθηγητής Τμ. Φυσικής)
Κλεαρέτη Τουρπάλη
(Επικ. Καθηγήτρια Τμ. Φυσικής)
Κωνσταντίνος Κορδάς
(Λέκτορας Τμ. Φυσικής)
Αναστάσιος Λιόλιος
(Αν. Καθηγητής Τμ. Φυσικής)
Κωνσταντίνος Ευθυμιάδης
(Αν. Καθηγητής Τμ. Φυσικής)
Ι. Στούμπουλος
(Επικ. Καθηγητής Τμ. Φυσικής)
Δημήτρης Ευαγγελινός
(Υπ. Διδάκτωρ Τμ. Φυσικής)
Στέφανος Μαύρος
(Φοιτητής Τμ. Φυσικής)
Θεοδοσία Χαραλαμπίδου
(Φοιτήτρια Τμ. Φυσικής)
Ολυμπία Δάρτση
(Φοιτήτρια Τμ. Φυσικής)
Νίκος Χατζαράκης
(Φοιτητής Τμ. Φυσικής)
Κωνσταντίνος Κατριοπλάς
(Φοιτητής Τμ. Φυσικής)
Δ. Χατζηπαναγιωτίδης
(Φοιτητής Τμ. Φυσικής)

Σελιδοποίηση – Τεχνική Επιμέλεια

Δημήτρης Ευαγγελινός
(Υπ. Διδάκτωρ Τμ. Φυσικής)

Στο τεύχος αυτό συνεργάστηκαν:

Σπυρίδων Παυλίδης
Καθηγητής, Κοσμήτορας ΣΘΕ
Γεώργιος Θεοδώρου,
Καθηγητής Τμ. Φυσικής
Ελένη Παλούρα,
Καθηγήτρια Τμ. Φυσικής
Χρήστος Ελευθεριάδης,
Αναπλ. Καθηγητής Τμ. Φυσικής
Κωνσταντίνος Κορδάς,
Λέκτορας Τμ. Φυσικής
Ολυμπία Δάρτση,
Φοιτήτρια Τμ. Φυσικής
Κωνσταντίνος Κατριοπλάς,
Φοιτητής Τμ. Φυσικής
Δάφνη Παρλιάρη,
Φοιτήτρια Τμ. Φυσικής
Θεοδοσία Χαραλαμπίδου,
Φοιτήτρια Τμ. Φυσικής
Δημήτρης Χατζηπαναγιωτίδης,
Φοιτητής Τμ. Φυσικής
Νίκος Χατζαράκης,
Φοιτητής Τμ. Φυσικής

Σημείωμα της σύνταξης

Στο παρόν τεύχος ασχολούμαστε, μεταξύ άλλων, με δύο από τα σημαντικότερα ερωτήματα της Φυσικής που μας απασχόλησαν πρόσφατα. Το πρώτο αφορά την πορεία προς την ανακάλυψη του μποζονίου Higgs ή «σωματιδίου του Θεού». Το δεύτερο είναι η πιθανότητα, ή όχι, της ύπαρξης σωματιδίων, των νετρίνων, που ταξιδεύουν με ταχύτητες μεγαλύτερες από την ταχύτητα του φωτός. Επάνω σε αυτά τα ζητήματα, αλλά και σε γενικότερα θέματα που αφορούν τη Φυσική, τους Φυσικούς και την πανεπιστημιακή εκπαίδευση, ιδιαίτερη βαρύτητα έχει και η γνώμη του ακαδημαϊκού Δ. Νανόπουλου που βρέθηκε στο Τμήμα μας και μίλησε με τους φοιτητές της συντακτικής ομάδας του «Φαινόμενον». Ένα σημαντικό θέμα αφορά τη διεπιστημονικότητα και σε αυτό το πλαίσιο κινείται και η προσπάθεια κατανόησης φαινομένων της βιολογίας με τη βοήθεια της κβαντομηχανικής. Επίσης σε μία εποχή με τόσα ανοικτά μέτωπα στη Φυσική, είναι χρήσιμο, σχεδόν 100 χρόνια μετά την ανακάλυψη του πυρηνικού μοντέλου, να παραδειγματιστούμε από την πολυπραγμοσύνη και την καινοτόμο σκέψη του Ernest Rutherford. Κλείνουμε αυτό το σημείωμα αναφερόμενοι στο κύριο άρθρο του τεύχους στο οποίο γίνεται μια αναδρομή στο έργο των αρχαίων ελλήνων φυσικών φιλοσόφων, στην τεράστια συνεισφορά τους στη θεμελίωση των θετικών επιστημών, και στις προεκτάσεις του έργου τους μέχρι σήμερα. Το παράδειγμά τους φωτεινό για τους έλληνες επιστήμονες του σήμερα και η κληρονομιά βαριά....

Η ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

Το «Φαινόμενον» διατίθεται και σε ψηφιακή μορφή στην ιστοσελίδα:
http://phenomenon.physics.auth.gr
E-mail επικοινωνίας: phenomenon@physics.auth.gr

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.Στο κυνήγι του μποζονίου Higgs 1
2.Νετρίνο και πείραμα OPERA 3
3.Συνέντευξη: Δημήτρης Νανόπουλος 6
4.Ο Rutherford και το πυρηνικό μοντέλο 9
5.Κβαντική συνείδηση 12
6.Από τον Θαλή στον Αρχιμήδη 15
7.Τελετή ορκωμοσίας πτυχιούχων Φυσικής και χαιρετισμός του Κοσμήτορα της ΣΘΕ 21
9. Κοπή πίτας και εκδηλώσεις στο Τμήμα Φυσικής 25
10.Ομοτιμοποιήσεις καθηγητών του Τμ. Φυσικής 26
11.Το πρόγραμμα Erasmus 28
12.Once Erasmus, always Erasmus 30
13.Το χρονικό μιας έρευνας 32

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ

Γιώργος Δημητρακόπουλος (σελ. 25, 27, 32)
Γιάννης Στούμπουλος (σελ. 21, 22, 25)
Δημήτρης Ευαγγελινός (σελ. 27)
Θεοδοσία Χαραλαμπίδου (σελ. 25)

ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΑ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΑ

Το δημοσιευόμενο υλικό στο περιοδικό αυτό προστατεύεται από Copyright. Το υλικό δημοσιεύεται υπό τους όρους που καθορίζονται από την άδεια Creative Commons Public License και απαγορεύεται κάθε χρήση του με διαφορετικές προϋποθέσεις από αυτές που καθορίζονται από την άδεια. Είστε ελεύθεροι να διανείμετε, αναπαράγετε, κατανείμετε, διαδώσετε, διασκευάστε το έργο υπό τις ακόλουθες προϋποθέσεις: *Η αναφορά στο έργο* πρέπει να γίνει κατά τον τρόπο που καθορίζεται από τον συγγραφέα ή τον χορηγό της άδειας (αλλά όχι με τρόπο που να υποδηλώνει ότι παρέχουν επίσημη έγκριση σε σας ή για χρήση του έργου από εσάς). Εάν αλλοιώσετε, τροποποιήσετε ή δομήσετε πάνω στο έργο αυτό, η διανομή του παράγωγου έργου μπορεί να γίνει μόνο υπό τους όρους της ίδιας, παρόμοιας ή συμβατής άδειας.
Δείτε αναλυτικά τους όρους: **http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/**

Οι απόψεις που παρουσιάζονται σε κάθε κείμενο εκφράζουν τον συγγραφέα του και όχι υποχρεωτικά τη συντακτική ομάδα του περιοδικού.

Το Higgs – ένα κυνήγι κρυμμένου θησαυρού

Κώστας Κορδάς*
Λέκτορας Τμ. Φυσικής

Πολύς λόγος έχει γίνει στο ευρύ κοινό για το σωματίδιο Higgs κατά τα τελευταία χρόνια, με την έναρξη λειτουργίας του Μεγάλου Συγκρουστήρα Αδρονίων (Large Hadron Collider, LHC) στο CERN, το Ευρωπαϊκό Κέντρο Ερευνών για τη Σωματιδιακή Φυσική, στα Γαλλο-Ελβετικά σύνορα κοντά στη Γενεύη. Πράγματι, ένας από τους βασικούς λόγους κατασκευής και από τους βασικούς ερευνητικούς στόχους του LHC είναι η ανακάλυψη του σωματιδίου Higgs.

Ποιά βασική ανάγκη όμως εξυπηρετεί μια τέτοια ανακάλυψη; Με απλά λόγια, το ερώτημα που προσπαθούν να απαντήσουν οι φυσικοί είναι το εξής: υπάρχουν σωματίδια τα οποία θεωρούμε ότι είναι στοιχειώδη, δηλαδή δεν έχουν δομή, από τα οποία άλλα είναι πολύ ελαφρά [πχ. το ηλεκτρόνιο που έχει μάζα περίπου 1800 φορές μικρότερη από τη μάζα του πρωτονίου (που είναι ο πυρήνας του ατόμου του υδρογόνου)] και άλλα είναι πολύ βαριά (το "πάνω κουάρκ" - top quark -, που έχει μάζα περίπου 180 φορές τη μάζα του πρωτονίου). Ποιός είναι ο λόγος που δύο θεμελιώδη σωματίδια, δηλαδή χωρίς δομή, έχουν τόσο διαφορετική μάζα; Η θεωρία μας (το Καθιερωμένο Πρότυπο της Φυσικής Στοιχειωδών Σωματιδίων, the Standard Model), που είναι πολύ επιτυχημένη στην περιγραφή πάμπολλων πειραματικών δεδομένων για τη δομή του κόσμου και τις αλληλεπιδράσεις που τον κυβερνούν, είναι πολύ "ευτυχής" που υπάρχουν τέτοια στοιχειώδη σωματίδια. Τα δε πειραματικά δεδομένα είναι απολύτως συμβατά με τη σημειακότητα τέτοιων σωματιδίων.

Μια απάντηση για τις διαφορετικές μάζες των στοιχειωδών σωματιδίων είναι ότι τα διάφορα σωματίδια αλληλεπιδρούν διαφορετικά με το πεδίο Higgs, και έτσι αποκτούν διαφορετική μάζα. Στο Καθιερωμένο Πρότυπο, κάθε πεδίο έχει κι ένα σωματίδιο "φορέα" αλληλεπίδρασης. Έτσι, το φωτόνιο είναι ο φορέας της ηλεκτρομαγνητικής δύναμης, με την έννοια ότι δύο φορτισμένα σωματίδια αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, στο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο ο ένας του άλλου, ανταλλάσσοντας φωτόνια.

Κατ' αντιστοιχία το σωματίδιο Higgs είναι το σωματίδιο φορέας του πεδίου Higgs. Και όπως κάθε σωματίδιο, έτσι κι αυτό έχει ορισμένα χαρακτηριστικά, δηλαδή κάποιους κβαντικούς αριθμούς. Ένας από αυτούς είναι η μάζα του. Κι ένας άλλος είναι το σπιν του, η ιδιοστροφορμή του. Είναι χαρακτηριστικό των σωματιδίων-φορέων των διαφόρων αλληλεπιδράσεων, ότι έχουν ακέραιο σπιν, οπότε ονομάζονται μποζόνια. Εξ' ου λοιπόν και το όνομα "μποζόνιο Higgs" για το σωματίδιο Higgs.

Το μποζόνιο Higgs έχει το όνομα του Άγγλου φυσικού Πήτερ Χιγκς (Peter Higgs) ο οποίος ήταν ένας από αυτούς που το πρότειναν το 1964 ως το μηχανισμό με τον οποίο τα διάφορα σωματίδια αποκτούν μάζα. Εξ' ου και το όνομα "μηχανισμός του Higgs" (the Higgs mechanism) που απαντάται στην επιστημονική βιβλιογραφία και αρθρογραφία.

Ο μηχανισμός αυτός είναι πια μέρος του Καθιερωμένου Προτύπου, το οποίο περιγράφει, σε μια σχετικά άρτια θεωρητική δομή, πάρα πολύ καλά όλη την ύλη από την οποία είμαστε φτιαγμένοι και τις τρείς από τις τέσσερις γνωστές δυνάμεις με τις οποίες αυτή η ύλη αλληλεπιδρά (τον ηλεκτρομαγνητισμό, την ασθενή δύναμη και την ισχυρή δύναμη, αφήνοντας απ' έξω προς το παρόν τη βαρύτητα). Πρέπει να πούμε εδώ ότι το Καθιερωμένο Πρότυπο είναι μια πολύ επιτυχημένη θεωρία, έχει δώσει ακριβείς προβλέψεις και έχει επιζήσει για δεκαετίες την πειραματική δοκιμασία. Γνωρίζουμε όμως ότι είναι μια ημιτελής θεωρία, η οποία εξηγεί μόνο το 4% του Σύμπαντος που είναι ορατό με αστρονομικές μεθόδους (ουσιαστικά, τα γνωστά μας σωματίδια που φτιάχνουν όλη την ύλη που ξέρουμε). Για να πάρουμε υπ' όψιν μας το υπόλοιπο 96% του Σύμπαντος χρειάζεται Νέα Φυσική, η οποία μπορεί να αποκαλυφθεί άμεσα με την παραγωγή νέων σωματιδίων στα πειράματα του LHC. Το μποζόνιο Higgs είναι το μόνο από τα σωματίδια του Καθιερωμένου Προτύπου που δεν έχει παρατηρηθεί ακόμα. Μια ανακάλυψη του σωματιδίου Higgs δεν σημαίνει όμως κατ' ανάγκη ότι δεν υπάρχει και Φυσική πέρα από το Καθιερωμένο Πρότυπο. Από τη στιγμή που θα ανακαλυφθεί το Higgs, η λεπτομερής μελέτη των χαρακτηριστικών του, που μπορεί να γίνει μόνο με τη μελέτη μεγάλου πλήθους τέτοιων σωματιδίων, ίσως μας οδηγήσει σε θεωρίες πέρα από το Καθιερωμένο ρότυπο έτσι κι αλλιώς. Πάντως, η αναζήτηση του Higgs χωρίς επιτυχή έκβαση, μπορεί να οδηγήσει δια της ατόπου απαγωγής, στο συμπέρασμα ότι δεν υπάρχει σωματίδιο Higgs. Μια τέτοια εξέλιξη σίγουρα θα δείξει την ανάγκη για μια θεωρία πέρα από το Καθιερωμένο Πρότυπο, η οποία ελπίζουμε ότι θα αρχίσει να χαρτογραφείται με τα αποτελέσματα της έρευνάς μας στο LHC.

Για να επιβεβαιωθεί ή να αποκλειστεί η ύπαρξη του σωματιδίου Higgs, χρειάζονται πειραματικά δεδομένα που προέρχονται από συγκρούσεις σωματιδίων σε μεγάλη ενέργεια. Η ενέργεια στις συγκρούσεις φυσικά δεν χάνεται, απλά χρησιμοποιείται για την παραγωγή σωματιδίων, καθώς και για να αποκτήσουν αυτά κινητική ενέργεια. Μεταξύ των παραγομένων σωματιδίων, κάποια μπορεί να έχουν μάζα πολύ μεγαλύτερη από τη μάζα των συγκρουόμενων σωματιδίων (γιατί η μάζα είμαι μια μορφή ενέργειας όπως γνωρίζουμε από τη θεωρία της σχετικότητας). Ένας επιταχυντής που φιλοδοξεί να προσφέρει ανακαλύψεις στη Φυσική, οφείλει λοιπόν να κάνει συγκρούσεις σε μεγαλύτερη ενέργεια από τους προγενέστερούς του. Επιπλέον, οφείλει να κάνει συγκρούσεις όλο και συχνότερα, γιατί απλά, όσο πιο μικρή είναι η πιθανότητα παραγωγής ενός σωματιδίου (και η παραγωγή ενός σωματιδίου Higgs είναι ένα σπάνιο γεγονός), τόσο περισσότερες συγκρούσεις ανά δευτερόλεπτο πρέπει να πραγματοποιεί ο επιταχυντής, ώστε να έχουμε μια σχετικά καλή πιθανότητα να παραχθεί το σωματίδιο που ψάχνουμε μέσα σε εύλογο χρονικό διάστημα. Ο LHC έχει πια τα σκήπτρα στην ενέργεια και το ρυθμό συγκρούσεων, κι έτσι ο προηγούμενος επιταχυντής , ο Tevatron στο εργαστήριο Fermilab έξω από το Σικάγο των ΗΠΑ, "συνταξιοδοτήθηκε" το Σεπτέμβριο του 2011. Το 2011 ήταν η πρώτη χρονιά που ο LHC πήρε πραγματικά τα σκήπτρα στον τομέα και δούλεψε απρόσκοπτα, πραγματοποιώντας συγκρούσεις πρωτονίων με ενέργεια 7000 GeV, όπου ως μέτρο σύγκρισης δίνεται η μάζα του πρωτονίου που είναι κάτι λιγότερο από 1 GeV (0.938 GeV), και με συχνότητα μέχρι 300 εκατομμύρια συγκρούσεις πρωτονίων το δευτερόλεπτο.

Μέχρι το τέλος Οκτωβρίου του 2011, τα δύο μεγάλα πειράματα στον LHC (ο ATLAS και το CMS) είχαν παρατηρήσει γύρω στα 400 τρισεκατομμύρια συγκρούσεις πρωτονίων. Αξίζει να αναφερθεί ότι στο πείραμα ATLAS το Αριστοτέλειο έχει κατασκευάσει το 10% των ανιχνευτικών διατάξεων που μετρούν τα μιόνια – στοιχειώδη σωματίδια τύπου λεπτονίου με μάζα περίπου 200 φορές τη μάζα του ηλεκτρονίου). Πριν τα Χριστούγεννα λοιπόν, στις 13 Δεκεμβρίου 2011 τα δύο πειράματα ανακοίνωσαν τα πρώτα τους ευρήματα σχετικά με την αναζήτηση του σωματιδίου Higgs χρησιμοποιώντας σχεδόν το σύνολο των δεδομένων που είχαν καταγράψει. Ήταν στ' αλήθεια μια ξεχωριστή μέρα. Το αμφιθέατρο είχε γεμίσει τρεις ώρες πριν οι επικεφαλής των δύο μεγάλων πειραμάτων (Fabiola Gianotti από τον ATLAS και Guido Tonelli από το CMS) ανακοινώσουν ότι τα δύο πειράματα έχουν εντοπίσει κάποια γεγονότα που φαίνεται ότι αποτυπώνουν τη διάσπαση σωματιδίων Higgs. Αν λοιπόν το Higgs υπάρχει τότε οι παρατηρήσεις αυτές δείχνουν ότι η μάζα του θα είναι κάπου μεταξύ 116 και 130 GeV, σύμφωνα με τον ATLAS, ή μεταξύ 115 και 127 σύμφωνα με το CMS. Οι ενδείξεις όμως δεν είναι αρκετές ώστε να μιλάμε με βεβαιότητα για ανακάλυψη του σωματιδίου Higgs. Μπορεί αυτά τα γε-

γονότα να προέρχονται όχι από το σωματίδιο Higgs αλλά από διαδικασίες υποβάθρου. Χρειάζεται λοιπόν να μελετηθούν περισσότερες συγκρούσεις πρωτονίων για να είμαστε σίγουροι ότι όντως υπάρχει το σωματίδιο Higgs. Οι φυσικοί των δύο πειραμάτων, βασιζόμενοι στην εμπειρία των πολύ καλών επιδόσεων του LHC κατά το 2011, περιμένουν ότι τα δεδομένα που θα συλλεχθούν το 2012 θα είναι αρκετά για να επιβεβαιώσουν ή να αποκλείσουν την ύπαρξη του σωματιδίου Higgs.

Πώς παράγεται και πώς ανιχνεύεται όμως ένα σωματίδιο Higgs; Είπαμε και νωρίτερα ότι κατά τις συγκρούσεις πρωτονίων του LHC, η ενέργεια που βάζουμε στη σύγκρουση δεν χάνεται: χρησιμοποιείται για να παραχθούν διάφορα σωματίδια και να αποκτήσουν κινητική ενέργεια. Μεταξύ αυτών *ίσως* είναι και το Higgs. Λέμε ίσως, γιατί στο μικροσκοπικό επίπεδο μπορούμε να γνωρίζουμε τις πιθανότητες να γίνει κάτι, αλλά δεν ξέρουμε *πότε* θα γίνει αυτό το κάτι. Η ίδια αυτή πιθανοκρατική διαδικασία ισχύει και για τον τρόπο που διασπάται ένα σωματίδιο. Κάθε τρόπος διάσπασης ονομάζεται "κανάλι διάσπασης". Το σωματίδιο Higgs είναι ασταθές, δεν είναι σταθερό (αν ήταν, θα το παρατηρούσαμε γύρω μας, όπως τα πρωτόνια). Ο τρόπος με τον οποίο διασπάται δεν είναι πάντα ο ίδιος. Υπάρχουν πολλοί τρόποι διάσπασής του, κατ' αναλογία (λίγο μακάβρια είναι αλήθεια, αλλά παραστατική) με το γεγονός ότι δεν πεθαίνουμε όλοι οι άνθρωποι με τον ίδιο τρόπο. Μάλιστα, η πιθανότητα διάσπασης του Higgs με κάθε συγκεκριμένο τρόπο είναι διαφορετική, εξαρτώμενη από τη μάζα του Higgs, κατ' αναλογία πάλι με το γεγονός ότι η πιθανότητα ενός υπέρβαρου ανθρώπου να πεθάνει από καρδιά δεν είναι ίδια με ενός αδύνατου. Ανάλογα λοιπόν με τη μάζα του Higgs, κάθε κανάλι διάσπασης έχει διαφορετική πιθανότητα πραγματοποίησης. Πάντα όμως παρατηρούμε τα τελικά προϊόντα και όχι το σωματίδιο Higgs απ' ευθείας. Έτσι, αν υπάρχει και κάποια άλλη διαδικασία που αφήνει την ίδια "υπογραφή" στον ανιχνευτή μας, αυτό μας μπερδεύει. Σε τέτοιες περιπτώσεις, έχοντας ένα γεγονός στα χέρια μας μπορούμε μόνο να πούμε ότι μοιάζει με γεγονός που προήλθε από το Higgs, αλλά δεν είμαστε σίγουροι. Στην Εικόνα 1 βλέπουμε ένα τέτοιο παράδειγμα όπου κατά τη σύγκρουση πρωτονίων παράγονται 4 μιόνια. Αυτό είναι το "χρυσό κανάλι διάσπασης" για την εύρεση του Higgs, γιατί αυτή η υπογραφή είναι πάρα πολύ "καθαρή", με την έννοια ότι είναι λίγες οι διαδικασίες υποβάθρου που μπορούν να δώσουν την ίδια υπογραφή. Μια τέτοια διαδικασία υποβάθρου είναι η παραγωγή δύο μποζονίων Z (που είναι ο ουδέτερος φορέας της ασθενούς δύναμης) και το κάθε Z εν συνεχεία διασπάται σε δύο μιόνια κι έτσι στον ανιχνευτή μας "βλέπουμε" 4 μιόνια, που μοιάζουν σαν να ήρθαν από το Higgs.

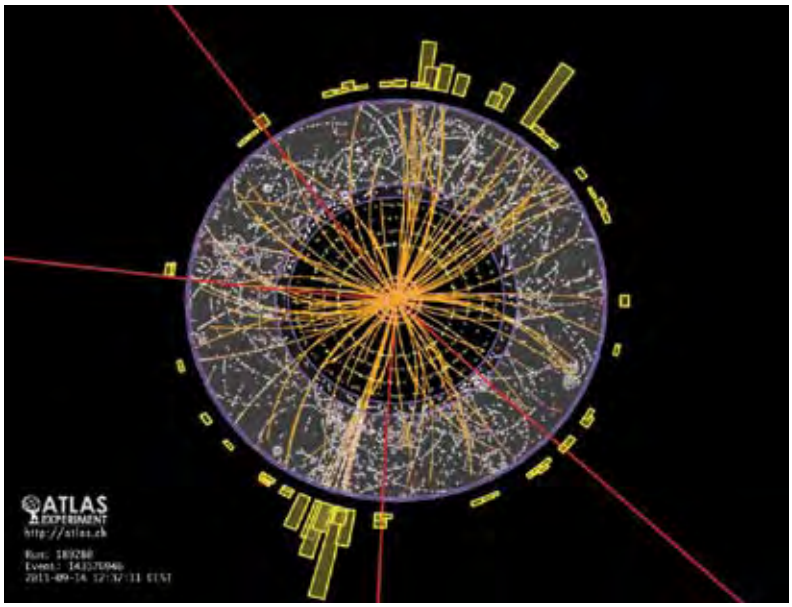
Πώς μπορούμε λοιπόν να ξεχωρίσουμε αν το γεγονός που έχουμε στα χέρια μας είναι από Higgs ή από διαδικασία υποβάθρου; Η απάντηση είναι ότι δεν γνωρίζουμε. Μπορούμε να δώσουμε μόνο την πιθανότητα να είναι από Higgs και την πιθανότητα να είναι από διαδικασία υποβάθρου. Ευτυχώς δεν είμαστε αβοήθητοι στο να υπολογίσουμε αυτές τις πιθανότητες. Μετρώντας την ενέργεια και την ολική ορμή των τελικών προϊόντων, από τη διατήρηση ενέργειας και ορμής ξέρουμε την ενέργεια, E, και την ορμή, p, του μητρικού σωματιδίου Higgs. Γνωρίζοντας την ενέργεια και την ορμή, μπορούμε να υπολογίσουμε τη μάζα, χρησιμοποιώντας την εξίσωση

$$E^2 = (m\,c^2)^2 + (pc)^2$$

η οποία δεν είναι τίποτα άλλο από τη διάσημη εξίσωση $E = m\,c^2$, τροποποιημένη ώστε να υπολογίζουμε την ενέργεια που έχει ένα σωματίδιο όχι μόνο επειδή απλά έχει μάζα, m, αλλά επειδή κινείται κιόλας με ορμή p. Αν τα 4 μιόνια στο γεγονός που εξετάζουμε προκύπτουν όντως από τη διάσπαση του Higgs, τότε η μάζα που υπολογίζουμε από την παραπάνω εξίσωση θα είναι η μάζα του σωματιδίου Higgs, και όλα τα παρόμοια γεγονότα που προέρχονται από το Higgs θα δίνουν την ίδια μάζα, τη μάζα του Higgs. Αν όμως το γεγονός που εξετάζουμε έχει 4 μιόνια που δεν έχουν κοινό γονιό, τότε η μάζα m που υπολογίζουμε δεν έχει μια συγκεκριμένη τιμή, αλλά μπορεί να πάρει μια τυχαία τιμή μέσα σε κάποια όρια. Κι έτσι, όσο περισσότερα γεγονότα μετράμε, αν κάποια απ' αυτά προέρχονται όντως από το Higgs, τόσο περισσότερο θα γίνεται εμφανής η συγκέντρωση τιμών για τις υπολογιζόμενες μάζες, γύρω από μια συγκεκριμένη τιμή, τη μάζα του Higgs.

Με τον αριθμό γεγονότων που τα πειράματα είχαν στα χέρια τους το Δεκέμβριο του 2011, εμφανίστηκε μια μικρή συγκέντρωση γεγονότων με μάζες γύρω στα 125 GeV. Όμως είναι τόσο λίγα αυτά τα γεγονότα που θα μπορούσε να είναι από διαδικασίες υποβάθρου, με πιθανότητα δύο συνεχόμενες ζαριές να δώσουν το ίδιο αποτέλεσμα. Δεν είναι λοιπόν και τόσο απίθανο αυτό που είδαν τα πειράματα να ήταν γεγονότα υποβάθρου και όχι Higgs. Είναι λοιπόν εμφανές από τα παραπάνω ότι χρειάζεται να μετρήσουμε αρκετά γεγονότα για να είμαστε σίγουροι ότι ανακαλύψαμε το Higgs. Όπως λέει και ο Διευθυντής Έρευνας του CERN, Sergio Bertolucci, "Η ανάλυση των δεδομένων που έχουμε συλλέξει μέχρι τώρα μας αφήνει σε μια πολύ ενδιαφέρουσα θέση: με τα δεδομένα που θα συλλέξουμε το 2012, θα είμαστε σε θέση να επιβεβαιώσουμε οριστικά ή να αποκλείσουμε το Higgs του Καθιερωμένου Προτύπου".

** Ο Κώστας Κορδάς είναι μέλος του ATLAS, μαζί με την καθηγήτρια Χαρά Πετρίδου και τον επίκουρο καθηγητή Δήμο Σαμψωνίδη.*



Εικόνα 1: Ένα γεγονός στον ATLAS κατά το οποίο παράχθηκαν τέσσερα (4) μιόνια. Το γεγονός αυτό είναι συμβατό με την παραγωγή δύο σωματιδίων Z που το καθένα τους εν συνεχεία διασπάται σε δύο μιόνια. Τέτοια γεγονότα προβλέπονται (και έχουν μετρηθεί από την ομάδα του ΑΠΘ) στο Καθιερωμένο Πρότυπο, χωρίς να έχει παραχθεί σωματίδιο Higgs. Το γεγονός που απεικονίζεται λοιπόν θα μπορούσε να προέρχεται από μια τέτοια διαδικασία υποβάθρου. "Υπόβαθρο" βέβαια από την οπτική σκοπιά του Higgs, γιατί και το Higgs μπορεί να διασπαστεί αφήνοντας την ίδια "υπογραφή" στον ανιχνευτή (4 μιόνια). Έχοντας λοιπόν μόνο ένα γεγονός στα χέρια μας δε γνωρίζουμε αν είναι από την παραγωγή και διάσπαση του Higgs ή από την απευθείας παραγωγή και διάσπαση δύο μποζονίων Z. Τα μιόνια εδώ απεικονίζονται σαν κόκκινες γραμμές που διαπερνούν τον ανιχνευτή ακτινικά.

Νετρίνο με υπερφωτεινές (?) ταχύτητες στο πείραμα OPERA

Χρήστος Ελευθεριάδης
Αναπλ. Καθηγητής Τμ. Φυσικής

Πρόσφατα ανακοινώθηκαν στο CERN, σε ανοικτή παρουσίαση, (http://indico.cern.ch/conferenceDisplay.py?confId=155620) τα αποτελέσματα του πειράματος **OPERA** (**O**scillation **P**roject with **E**mulsion t**R**acking Apparatus, http://operaweb.lngs.infn.it) από τα οποία προκύπτει ότι νετρίνο της δέσμης που δημιουργείται στο CERN και περνά από το Gran Sasso (όπου βρίσκεται ο ανιχνευτής του πειράματος OPERA), ταξιδεύουν με ταχύτητα μεγαλύτερη της ταχύτητας του φωτός στο κενό.

Και ακόμη πιο πρόσφατα, ανακοινώθηκαν τα νέα αποτελέσματα του OPERA, μετά από μετρήσεις που έγιναν ακριβώς για να ελέγξουν το αρχικό αποτέλεσμα.

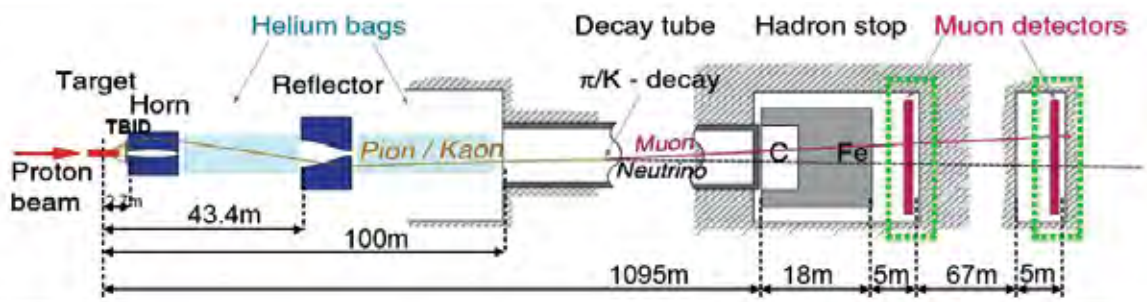
Η αρχική ανακοίνωση, όπως ήταν φυσικό, προκάλεσε πολλές συζητήσεις και διχογνωμίες στην επιστημονική κοινότητα. Για να γίνει όμως κατανοητή η σημασία της παραπάνω ανακάλυψης θα πρέπει πρώτα να κατανοήσουμε τη λογική του συγκεκριμένου πειράματος και τη Φυσική που κρύβεται πίσω από αυτό.

Τα νετρίνο είναι υποατομικά στοιχειώδη σωματίδια Αυτό σημαίνει ότι δεν αποτελούνται από άλλα μικρότερα σωματίδια, δηλαδή δεν έχουν εσωτερική δομή (σύμφωνα με την μέχρι σήμερα γνώση μας). Αν αγνοήσουμε ότι τα νετρίνο αλληλεπιδρούν με την ύλη μέσω βαρυτικών δυνάμεων (οι οποίες θεωρούνται -και είναι- αμελητέες στο επίπεδο της σωματιδιακής Φυσικής), η μόνη αλληλεπίδρασή τους με την ύλη γίνεται μέσω των λεγομένων ασθενών αλληλεπιδράσεων. Όπως το δηλώνει και το όνομα, οι ασθενείς αλληλεπιδράσεις είναι ασθενείς. Ως εκ τούτου, τα νετρίνο, μη έχοντας άλλο τρόπο να αλληλεπιδράσουν με την ύλη, τη διαπερνούν αλληλεπιδρώντας πραγματικά ελάχιστα μαζί της. Συνέπεια ακριβώς της ασθενούς φύσης της αλληλεπίδρασης των νετρίνο με την ύλη είναι ότι ο εντοπισμός και η μελέτη τους από τις πειραματικές διατάξεις γίνεται πολύ δύσκολα. Κάθε στιγμή τρισεκατομμύρια νετρίνο διαπερνούν το σώμα μας (πολλά περισσότερα διαπερνούν τη Γη), χωρίς να τα αντιλαμβανόμαστε.

Υπάρχουν τρία είδη νετρίνο, τα οποία, αν έχουν μάζα, μπορούν να αλλάζουν ταυτότητα κατα τη διάδοσή τους, μέσω ενός φαινομένου που ονομάζεται «ταλάντωση νετρίνο». Τα είδη αυτά είναι το **ηλεκτρονικό νετρίνο**, το **μιονικό νετρίνο** και το **ταυ νετρίνο**, ενώ θα πρέπει να προσθέσουμε πως υπάρχουν και τα αντίστοιχα αντι-σωματίδιά τους που είναι **το ηλεκτρονικό αντινετρίνο**, το **μιονικό αντινετρίνο** και το **ταυ αντινετρίνο**.

Στο πείραμα OPERA, η δέσμη νετρίνο δημιουργείται στο CERN, όπου πρωτόνια υψηλής ενέργειας (~400 GeV) από τον επιταχυντή Super Proton Synchrotron (SPS) προσπίπτουν πάνω σε στόχο γραφίτη (δεν έχει ιδιαίτερη σημασία το υλικό), οπότε παράγονται δυο άλλοι τύποι στοιχειωδών σωματιδίων: πιόνια και καόνια. Τα σωματίδια αυτά έχουν πολύ μικρό χρόνο ζωής, π.χ. τα πιόνια περί τα 20 νανοδευτερόλεπτα, και με τη σειρά τους διασπώνται σε μιόνια και μιονικά νετρίνο. Η τελική δέσμη σωματιδίων οδηγείται σε παχύ στρώμα ύλης όπου απορροφώνται όλα τα σωματίδια, εκτός φυσικά από τα νετρίνο τα οποία, όπως ελέχθη, διαπερνούν ακόμη και τη Γη ανεπηρέαστα συνεχίζοντας την πορεία τους. Η δέσμη CERN Neutrino Gran Sasso (CNGS) είναι σχεδόν αποκλειστικά μιονικά νετρίνο, με ελάχιστη συνεισφορά ηλεκτρονικών νετρίνο και αντινετρίνο.

Για να φτάσουν τα νετρίνο στον ανιχνευτή του πειράματος OPERA, σε ευθεία απόσταση 732 χιλιόμετρα, διέρχονται μέσα από τη Γη, σε μια πορεία επί της χορδής του τόξου που συνδέει τις δύο θέσεις. Στην εκκίνηση της δέσμης υπάρχουν ανι-



Σχήμα 1. Η λογική του πειράματος OPERA.

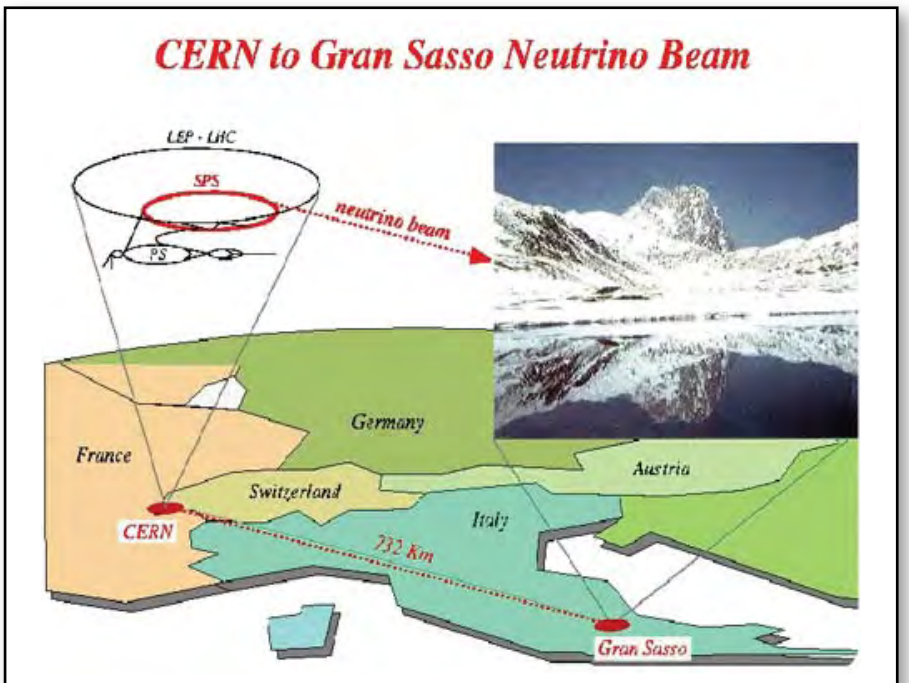
χνευτές μιονίων οι οποίοι δίνουν πληροφορία για τα χαρακτηριστικά της δέσμης (Σχήμα 1). Στο πείραμα OPERA, για την επιβεβαίωση της ταλάντωσης νετρίνο, αναμένεται η εμφάνιση ταυ λεπτονίων, η οποία μπορεί να γίνει μόνο αν κάποια νετρίνο άλλαξαν από μιονικά σε ταυ, κατά τη διαδρομή.

Τα πειράματα με δέσμες νετρίνο που μέχρι σήμερα δημοσίευσαν αποτελέσματα είναι το MINOS στο FermiLab των ΗΠΑ και το K2K στο KEK της Ιαπωνίας. Τα πειράματα αυτά έχουν τη δυνατότητα να μετρήσουν την ροή των νετρίνο σε έναν ανιχνευτή κοντά στην πηγή της δέσμης (NEAR Detector), καθώς και σε έναν μακρινό ανιχνευτή (FAR Detector). Από τα μετρούμενα γεγονότα στον κοντινό ανιχνευτή, συνάγεται ο αριθμός των γεγονότων που θα πρέπει να αναμένεται στον μακρινό ανιχνευτή, με βάση την υπόθεση ότι δεν υφίστανται ταλαντώσεις νετρίνο. Αν όμως μετρηθούν λιγότερα από τα αναμενόμενα, τότε επιβεβαιώνεται η υπόθεση ότι τα νετρίνο κατά τη διαδρομή τους υφίστανται τις λεγόμενες ταλαντώσεις νετρίνο, αλλάζουν δηλαδή ταυτότητα και γι' αυτό δεν ανιχνεύονται στον FAR Detector. Κάτι τέτοιο θα σημαίνει και ότι υπάρχει μια διαφορά μάζας ανάμεσα στα διάφορα είδη νετρίνο που ταλαντώνονται, άρα και ότι αυτά έχουν μάζα. Η υπόθεση αυτή θεωρείται σήμερα πολύ ισχυρή, με βάση σχετικά πρόσφατα πειραματικά αποτελέσματα, από την συνεργασία KamLAND [1].

Ειδικά το OPERA, όπως σημειώθηκε, βασίζεται σε **λογική εμφανίσεως** γεγονότων με ταυ λεπτόνια, ενώ η δέσμη ξεκινά με μιονικά νετρίνο. Τα άλλα πειράματα βασίζονται σε **λογική εξαφανίσεως** γεγονότων που επάγονται από μιονικά νετρίνο, ακριβώς λόγω της αλλαγής ταυτότητος αυτών των μιονικών νετρίνο. Είναι δηλαδή δύο διαφορετικές λογικές πειραμάτων με δέσμες νετρίνο, που όμως έχουν τον ίδιο σκοπό. Παράλληλα, όλα τα πειράματα αυτά έχουν μετρήσει και δημοσιεύσει αποτελέσματα σχετικά με τη διαφορά ταχύτητος μεταξύ νετρίνο και φωτός στο κενό.

Οι μέχρι τώρα μετρήσεις είχαν δώσει διαφορές συγκρίσιμες με το σφάλμα (ήτοι αβεβαιότητα) των μετρήσεων, άρα συμβατές με το μηδέν.

Το δεδομένο που τάραξε τα νερά είναι ότι το OPERA μέτρησε μικρότερους χρόνους πτήσεως για τα νετρίνο, από ότι θα αναμενόταν αν αυτά ταξίδευαν με την ταχύτητα του φωτός στο κενό. Ως γνωστόν η ταχύτητα του φωτός εξαρτάται από το δείκτη διάθλασης του μέσου διαδόσεως και είναι μέγιστη στο κενό, όπου ο δείκτης διάθλασης είναι ή υποτίθεται ότι είναι μονάδα. Άρα δεν θα ήταν δυνατόν, για κανένα σωματίδιο που έχει έστω και ελάχιστη μάζα, να ταξιδεύει με ταχύτητα ίση ή μεγαλύτερη του φωτός.



Σχήμα 2. Η διαδρομή της δέσμης νετρίνο από το CERN στο Gran Sasso.

Τα πειραματικά αποτελέσματα του OPERA θεμελιώνουν ότι τα νετρίνο διατρέχουν την απόσταση των 732 χιλιομέτρων σε χρόνο μικρότερο από τον αναμενόμενο κατά 60 νανοδευτερόλεπτα, ενώ η αβεβαιότητα στο νούμερο αυτό είναι μόλις 10 νανοδευτερόλεπτα. Αυτό ερμηνεύεται από πολλούς ως ένα κραχ της Φυσικής. Ωστόσο θα πρέπει να είμαστε πολύ πιο προσεκτικοί στην ανάγνωση των πειραματικών δεδομένων.

Το πρώτο που οφείλει να σκεφτεί ο πειραματικός φυσικός όταν βλέπει ένα «παράξενο» αποτέλεσμα, είναι να το ελέγξει. Πιθανόν το αποτέλεσμα να μην είναι επαναλήψιμο επειδή προέρχεται από κάποιο συστηματικό σφάλμα που δεν υπολογίστηκε σωστά. Άρα θα πρέπει να περιμένουμε να δούμε το πείραμα να επαναλαμβάνεται πριν εξάγουμε δεδομένα σχετικά με την εγκυρότητα της θεωρίας. Πάντως, στα μέχρι τώρα πειράματα ανάλογης λογικής όπως το MINOS στο Fermilab των ΗΠΑ, δεν παρατηρήθηκαν τέτοια αποτελέσματα.

Στο σημείο αυτό έρχεται η δεύτερη ανακοίνωση από το πείραμα OPERA, στις 17 Νοεμβρίου 2011, η οποία όμως επιβεβαιώνει τα αρχικά αποτελέσματα για ταχύτητα των νετρίνο μεγαλύτερη από αυτήν του φωτός στο κενό και μάλιστα με αυξημένη ακρίβεια. Στην πρώτη ανακοίνωση υπήρχαν ερευνητές του OPERA που δίστασαν να υπογράψουν το αποτέλεσμα. Πλέον όλοι οι ερευνητές υπογράφουν την επιστημονική δημοσίευση που στάλθηκε στο περιοδικό Journal of High Energy Physics. (http://arxiv.org/abs/1109.4897)

Πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι η μέτρηση δεν βασίζεται στην διαφορά χρόνου μεταξύ δύο σημάτων. Για

κάθε παρατήρηση νετρίνο στον μακρινό ανιχνευτή, καταγράφεται η αντιστοιχη κατανομή χρόνου των πρωτονίων και εξ αυτών προκύπτει η συνάρτηση πυκνότητος πιθανότητος (Probability Density Function, PDF) του χρόνου εκπομπής των νετρίνο κατά τη διάρκεια της εξόδου της δέσμης. Η κατανομή αυτή των πρωτονίων χαρακτηρίζεται χρονικά, όπως και τα αντίστοιχα γεγονότα νετρίνο που ανιχνεύει το OPERA. Οι δύο κατανομές συσχετίζονται χρονικά, με βάση τον χρόνο πτήσης (Time Of Flight, TOF), με την ταχύτητα το φωτός στο κενό. Συγκρίνονται δηλαδή δύο κατανομές και όχι απλώς δύο σήματα.

Η μέθοδος μέτρησης του χρόνου αποτελεί ένα σημαντικό σημείο και υποτίθεται ότι οι ερευνητές έχουν λάβει υπ' όψιν τους όλους τους παράγοντες ώστε να έχουν μια αξιόπιστη μέτρηση του χρόνου, όπως περιγράφεται στη σχετική δημοσίευση.

Αλλά και αν επιβεβαιωθεί το πείραμα και αποδειχθεί ότι τα νετρίνο τρέχουν πιο γρήγορα από το φως, αυτό δεν σημαίνει ότι δεν ισχύει η θεωρία της σχετικότητας. Αντίθετα, μπορούμε να φανταστούμε αρκετές πιθανές ή απίθανες απαντήσεις [2]. Π.χ. η ταχύτητα του φωτός στο κενό δεν σημαίνει ταχύτητα του φωτός στο τίποτα. Το κενό, σύμφωνα με την κβαντική θεωρία πεδίου, δεν ταυτίζεται με το απόλυτο τίποτα. Στο κενό δημιουργούνται και χάνονται συνεχώς ζεύγη υπερβατικών (virtual) σωματιδίων. Θα μπορούσαμε να υποθέσουμε λοιπόν ότι ακόμη και το κενό χαρακτηρίζεται από έναν δείκτη διάθλασης, ο οποίος όμως θα μπορούσε να είναι απειροστά μεγαλύτερος της μονάδος, τόσο ώστε να δικαιολογεί την καθυστέρηση κατά 18 μέτρα (αντιστοιχούν στα 60 νανοδευτερόλεπτα) του φωτός έναντι των νετρίνο, που δεν επηρεάζονται από τον δείκτη διάθλασης του μέσου. Και προφανώς η ειδική θεωρία της σχετικότητας καλά κρατεί, αλλά βέβαια θα προχωρήσουμε και θα έχουμε ανοίξει πολύ ενδιαφέροντες δρόμους στην κβαντική θεωρία πεδίου, έχοντας όμως στο νου μας ερωτηματικά σχετικά με άλλα σωματίδια, τα οποία δεν βλέπουμε να υπερβαίνουν την ταχύτητα του φωτός. Γιατί λοιπόν, μόνο τα νετρίνο; Μια άλλη συζήτηση γίνεται στη βάση επιπλέον διαστάσεων, διά των οποίων μπορεί να ταξιδέψει το νετρίνο [3], αλλά όχι το φως.

Σχήμα 3. Ο ανιχνευτής νετρίνων του πειράματος OPERA στο Gran Sasso.

Ασφαλώς βέβαια οι παραπάνω συζητήσεις είναι, θα λέγαμε, εξωτικές. Προέχει η πειραματική επιβεβαίωση του αποτελέσματος και μάλιστα όχι στην ίδια πειραματική διάταξη. Δεν έχουν περάσει και πολλά χρόνια από ανάλογα αποτελέσματα για την ύπαρξη Axions του πειράματος PVLAS, που όμως σύντομα αποδείχθηκε από τους ίδιους ερευνητές ότι οφειλόταν στην πειραματική διάταξη.

Εν κατακλείδι, όταν ένα πείραμα δείχνει παράδοξα αποτελέσματα, οφείλουμε να δίνουμε μεγάλη προσοχή. Και, όπως άλλωστε συνέστησε και ο εκπρόσωπος του πειράματος OPERA, θα πρέπει να εργαστούμε για να επιβεβαιώσουμε ή απορρίψουμε πειραματικά τα αποτελέσματα αυτά, πριν πούμε περισσότερα.

Το βέβαιο είναι ότι τα συγκεκριμένα αποτελέσματα τάραξαν τα νερά της Φυσικής. Πέρα όμως από αυτά, υπάρχουν σήμερα άλλα βασικά ερωτήματα που παραμένουν αναπάντητα, που ίσως δείξουν το δρόμο για μια νέα Φυσική. Ας θυμηθούμε ότι πριν 110 περίπου χρόνια εθεωρείτο ότι η κλασική Φυσική εξηγεί τα πάντα και ότι είχαμε φτάσει σε αυτό που θα λέγαμε «το τέλος της Φυσικής». Δεν έμεναν παρά κάποια μικρά προβλήματα, όπως το μέλαν σώμα και το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο. Αυτά όμως τα προβλήματα έδειξαν τότε το δρόμο και ανοίχθηκε στα μάτια μας ένας εντελώς νέος κόσμος, αυτός της κβαντικής Φυσικής. Ίσως να ζούμε και πάλι σε τέτοιες στιγμές.

Προσθήκη τελευταίας στιγμής:

Πριν αλέκτωρ λαλήσει τρις, χάραμα της 23ης Φεβρουαρίου 2012, ήδη συζητείται ότι μία κακή σύνδεση ενός καλωδίου επικοινωνίας οπτικής ίνας ήταν η πηγή της διαφοράς των 60 νανοδευτερολέπτων. Απαιτούνται περισσότερα πειράματα για την επιβεβαίωση της ύπαρξης ή μη συστηματικού σφάλματος. Τα σχετικά στον σύνδεσμο: http://news.sciencemag.org/scienceinsider/2012/02/breaking-news-error-undoes-faster.html.

Αναφορές

[1] T. Araki et al. (KamLAND Collaboration) (2005). "Measurement of Neutrino Oscillation with KamLAND: Evidence of Spectral Distortion". Physical Review Letters 94 (8): 081801. arXiv:hep-ex/0406035

[2] Nick E Mavromatos 2011 J. Phys.: Conf. Ser. 283 012022

[3] A. Nicolaidis, "Neutrino shortcuts in Spacetime" arXiv:1109.6354v3 [hep-ph]

ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΝΑΝΟΠΟΥΛΟΣ

Δάρτση Ολυμπία, Κατριοπλάς Κωσταντίνος, Χαραλαμπίδου Θεοδοσία, Χατζηπαναγιωτίδης Δημήτρης
Φοιτητές Τμ. Φυσικής

Ο Δημήτρης Νανόπουλος είναι διακεκριμένος καθηγητής του Τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Texas A&M στην έδρα Mitchell-Heep της Φυσικής Υψηλών Ενεργειών και τακτικό μέλος της Ακαδημίας Αθηνών. Κύρια ερευνητική του ασχολία είναι η Φυσική Υψηλών Ενεργειών και η Κοσμολογία. Στόχο των ερευνών του αποτελεί η δημιουργία μίας ενοποιημένης θεωρίας όλων των δυνάμεων στη φύση, η Θεωρία του Παντός, όπου θα δίνεται μια επιστημονική ερμηνεία του σύμπαντος, από το πώς εμφανίστηκε, πώς εξελίχθηκε και πώς πήρε τη σημερινή μορφή του.

Μόλις λίγες ημέρες μετά την ανακοίνωση του CERN για τις ενδείξεις ύπαρξης του μποζονίου Higgs, για το οποίο ο ίδιος είχε προβλέψει θεωρητικά την αναμενόμενη μάζα του, ο Δ. Νανόπουλος βρέθηκε στο Τμήμα Φυσικής του ΑΠΘ για μια διάλεξη. Φυσικά αρπάξαμε την ευκαιρία για μια πολύ ενδιαφέρουσα συζήτηση μαζί του για την οποία και τον ευχαριστούμε πολύ!

Στη συνέντευξη αυτή, τα κύρια σημεία της οποίας παρουσιάζονται παρακάτω, μας μίλησε για το CERN και τις τελευταίες ανακαλύψεις, για τα ενεργειακά φωτόνια, για τον ανθρώπινο εγκέφαλο, για την παιδεία, για την Ελλάδα αλλά και για το παγκόσμιο επιστημονικό γίγνεσθαι. Ο Νανόπουλος σε εντυπωσιάζει τόσο σαν κορυφαίος επιστήμονας, όσο και σαν άνθρωπος. Απολαύστε τον!

Θεοδοσία: Τελευταία είχαμε την ανακοίνωση από το CERN αναφορικά με το μποζόνιο Higgs σύμφωνα με την οποία, παρά τις πειραματικές ενδείξεις μέσα στα πλαίσια της αναμενόμενης μάζας του, δεν μπορούμε να μιλάμε ακόμη για την ανακάλυψή του. Ποια είναι η σημασία της ανακοίνωσης αυτής;

Δημήτρης Νανόπουλος: Καταρχάς, είναι πολύ σωστό έτσι που το θέτετε, μιλάμε για ενδείξεις και όχι για αποδείξεις, αλλά από την άλλη μεριά θέλω να τονίσω ότι οι πειραματικοί (Φυσικοί) έχουν έναν κώδικα συμπεριφοράς όπου, για να πουν ότι το φαινόμενο είναι ανακάλυψη, πρέπει να έχουν αυτό που λέμε πέντε τυπικές αποκλίσεις (σημ.: όρος της στατιστικής αναφορικά με την απόκλιση των μετρήσεων από τη μέση τιμή). Εμείς τώρα οι θεωρητικοί, οι οποίοι βέβαια το περιμέναμε εναγωνίως για περισσότερο από 40 χρόνια, βλέποντας τι έχουν δει οι πειραματικοί και πώς ταιριάζει με ότι έχει προβλεφθεί θεωρητικά -δηλαδή πως τα σημαντικά γεγονότα εμφανίζονται στην περιοχή για την οποία έχουν γίνει οι προβλέψεις- έχουμε το δικαίωμα να ισχυριστούμε ότι αυτό το θεωρούμε δεδομένο. Φυσικά, δεν είμαι ο μόνος που το λέω αυτό και δεν νομίζω πως υπάρχει θεωρητικός που να αμφιβάλλει. Αντιθέτως, ολόκληρη η επιστημονική κοινότητα, θεωρητικών αλλά και πειραματικών, εμφανίστηκε εξαιρετικά δεκτική στο ζήτημα, όχι όπως, για να κάνω την αντιπαράθεση, στο θέμα με τα νετρίνα που ανιχνεύτηκαν να ταξιδεύουν με ταχύτητες μεγαλύτερη από αυτή του φωτός, απέναντι στο οποίο όλοι ήταν επιφυλακτικοί. Για εμάς τους θεωρητικούς η ένδειξη αυτή για το Higgs είναι κάτι το σίγουρο, το οποίο από εδώ και πέρα το κρατάμε και πάμε παρακάτω.

Δημήτρης: Εφόσον βρεθεί το μποζόνιο Higgs, πώς θα επηρεαστεί το Καθιερωμένο Πρότυπο και η θεωρία της υπερσυμμετρίας;

Δ.Ν.: Το Higgs για το Standard Model είναι ένας θεμέλιος λίθος. Όχι ότι το να ανακαλύψεις ένα κουάρκ ή ένα λεπτόνιο είναι μικρό πράγμα, αλλά το Higgs είναι τόσο πολύ βασικό ώστε πολλοί από εμάς το θεωρούσαμε δεδομένο ότι θα βρεθεί και δεν το συζητάμε καν άλλο αυτό το θέμα. Βέβαια υπάρχουν διαφορετικές σχολές οι οποίες μας είχαν «ζαλίσει» τα τελευταία χρόνια με τις επιπλέον διαστάσεις και τα λοιπά. Τώρα, κάνοντας αυτή τη δουλειά, εδώ πέρα κλείνει το Standard Model, κλείνει αυτό το κεφάλαιο. Η φύση όμως μας κάνει πολύ ωραία πράγματα. Πρώτον θα μπορούσε το σωματίδιο Higgs να υπάρχει στα 650 GeV, αν ήταν μόνο το Standard Model και τίποτα άλλο. Αλλά κάτι τέτοιο θα «σκότωνε» τη θεωρία της υπερσυμμετρίας. Άρα στο μόνο που μπορούμε να φτάσουμε είναι στα 131 GeV που δίνει το ένα γκρουπ και 127 GeV το άλλο. Το LEP το έχει φέρει στα 115 GeV και το CMS στα 115.5 GeV και άρα μιλάμε τώρα για ένα παραθυράκι το όποιο είναι ακριβώς εκεί που λέει ότι πρέπει να είναι και η υπερσυμμετρία. Δηλαδή κάτι το απίστευτο, και γι αυτό εμείς μιλάμε, και είναι πράγματα που τα λέμε τα τελευταία 30 χρόνια. Όπως κάποτε με είχε συμβουλέψει ο Feynman, «κάθε φορά μην τα εξηγείς όλα, γιατί να ξέρεις, πάντοτε, κάποιο πείραμα θα είναι λάθος». Άρα αυτό είναι πολύ σημαντικό για την υπερσυμμετρία και ένας λόγος της δημιουργίας της είναι να μας κρατήσει το Higgs ελαφρύ. Αν και κατά διαστήματα σκεφτόμασταν ότι μπορεί να είμαστε λάθος και μας έπιαναν εφιάλτες το βράδυ για τις επιπλέον διαστάσεις. Και έχω πει δημόσια ότι αν είναι έτσι θα πάω για ψάρεμα! Θα αποδεχόμουν ότι πήραμε τον λάθος δρόμο και θα πήγαινα στον τάφο μου, θα γινόμουν πρωτόνια, νετρόνια και ηλεκτρόνια και δεν θα χώ-

νευα πώς η φύση είναι δυνατόν να μας κάνει τέτοιο παιχνίδι, δηλαδή να μας δώσει τόσες συμπτώσεις. Θα χάναμε, αλλά θα χάναμε ηρωικά!

Ολυμπία: Ο μηχανισμός του Higgs είναι ο μοναδικός μηχανισμός απόδοσης μάζας σε σωματίδια;

Δ.Ν.: Υπάρχουν εναλλακτικές οι περισσότερες από τις οποίες έχουν «σκοτωθεί» ήδη πειραματικά. Δεν νομίζω ότι πραγματικά ο μηχανισμός Higgs θα μπορούσε να αντικατασταθεί! Ούτε οι άνθρωποι που ασχολούνται με μεγάλες διαστάσεις δεν το αντικαθιστούν. Σε αυτό που απαντούν είναι γιατί το Higgs δεν παίρνει διόρθωση που να το καταστρέψει εντελώς και όχι στην αντικατάσταση του από άλλον μηχανισμό. Πρέπει να τονιστεί αυτή η διαφοροποίηση. Τώρα κάτι άλλες προσπάθειες που είχαν γίνει στις αρχές της δεκαετίας του ’80, δεν ασχολείται πια κανείς με αυτές. Θεωρώ μοναδική την ανακάλυψη με τα μέχρι τώρα δεδομένα και η διαφοροποίηση των διαφόρων σχολών σκέψης δεν είναι για να αλλάξουμε τον μηχανισμό του Higgs, είναι για το πώς εξηγούμε ότι δεν παίρνει μεγάλη διόρθωση στη μάζα.

Κωσταντίνος: Τι έχετε να σχολιάσετε για τα νετρίνα που παρατηρήθηκαν πρόσφατα να ταξιδεύουν με ταχύτητες μεγαλύτερες από αυτή του φωτός; Κατά πόσο συνδέεται αυτή η παρατήρηση με τις παρατηρήσεις του 2007 και 2008 σχετικά με την εξάρτηση της ταχύτητας του φωτός από τη συχνότητα που είχατε προβλέψει και θεωρητικά;

Δ.Ν.: Ακούστε, εγώ είμαι πολύ επιφυλακτικός με τα νετρίνα, παρ’όλο που δεν ήμουν τόσο με τα φωτόνια. Εκείνη ήταν πιο λογική περίπτωση, καθώς ναι μεν δεν είναι λογικό η ταχύτητα των φωτονίων να εξαρτάται από την ενέργεια, αυτό παραβιάζει τον Einstein, αλλά η παραβίαση δεν είναι με ταχυόνια, είναι απλά μια διόρθωση που προέρχεται από τη θεωρία των υπερχορδών. Εμάς μας φαίνεται φυσιολογική, και εγώ πιστεύω ότι θα αποδειχθεί κάποια στιγμή. Σχετικά με τα νετρίνα όμως είναι μεγάλο πρόβλημα, είναι δύσκολο να το «καταπιεί» κανείς, και γι’αυτό είμαι πάρα πολύ προσεκτικός προς αυτή την κατεύθυνση. Θα ήθελα να δω και άλλο πείραμα, εντελώς διαφορετικό, από διαφορετική ομάδα, διαφορετικά όργανα κλπ. Αλλά αν αυτό είναι αλήθεια, ίσως είναι η σημαντικότερη ανακάλυψη του αιώνα. Οφείλουμε να το ξεκαθαρίσουμε και να το παραδεχτούμε.

Θεοδοσία: Πέρα από τη Φυσική Υψηλών Ενεργειών έχετε ασχοληθεί και με θέματα Νευρο-επιστήμης και λειτουργίας του εγκεφάλου. Θέλετε να μας πείτε κάτι γι’αυτό;

Δ.Ν.: Αυτή ήταν μία προσπάθεια που κάναμε στις αρχές της δεκαετίας του ’90 και η συνεισφορά η δική μας ήταν ότι συνεργαστήκαμε με Ατομικούς Φυσικούς και Βιολόγους, κάναμε πειράματα, και καταφέραμε κάποιες μετρήσεις, όπως για παράδειγμα σε βασικά συστατικά μέσα στον κυτταρο-σκελετό όπου δεν είχαν μετρήσει διπολικές ροπές κτλ. Πολύ ουσιαστικά πράγματα δηλαδή που μετρήθηκαν για πρώτη φορά. Δεν το πιστεύαμε στην αρχή ότι θα ήταν τόσο σημαντικά γιατί με άλλα μάτια τα βλέπει ο Φυσικός και άλλα ο Βιολόγος.

Θεοδοσία:…και τελικά φαίνεται και η σημασία της διεπιστημονικής συνεργασίας μέσα από αυτή την ιστορία…

Δ.Ν.: Βέβαια, μα αυτή είναι όλη η ιστορία, αυτή η διεπιστημονικότητα. Και προς τα εκεί πάμε τώρα, δηλαδή εσείς θα ζήσετε σ’αυτόν τον κόσμο. Στην Αμερική ήδη σου λένε ότι παίρνεις καλύτερη βαθμολογία αν είσαι σε διεπιστημονικά θέματα. Διεπιστημονικό δεν σημαίνει ότι πρέπει αποκλειστικά να πας στη Βιολογία, μπορείς να συνδυάσεις διάφορους επιστημονικούς κλάδους. Και έτσι πρέπει να γίνεται πλέον γιατί το θέμα της υπερ-εξειδίκευσης πρέπει κάποια στιγμή να κλείσει. Δηλαδή, ξεκινήσαμε από την Αναγέννηση και πήγαμε έτσι γιατί δεν μπορούσαν όλοι να ασχολούνται με όλα. Αλλά τώρα νομίζω ότι τα μεγάλα μυαλά θα είναι αυτά που θα καταφέρουν να κάνουν την ένωση των Επιστημών, γιατί πρέπει να πετάξεις τα «φτιασίδια». Ας πούμε, για να κάνεις λίγο Βιολογία δε χρειάζεται να μάθεις όλες τις λεπτομέρειες (αλλά) να κρατήσεις το «ζουμί», να βάλεις και το δικό σου ζουμί, και να προχωρήσεις το θέμα. Έτσι γίνεται, κάνουμε τώρα τη σύνθεση.

Ολυμπία: Υπάρχει κάποιο κέρδος για την κοινωνία (δηλ. για τους απλούς ανθρώπους) από την έρευνα για τα θεμελιώδη ερωτήματα της Φυσικής (π.χ. για την ύπαρξη ή μη του σωματιδίου Higgs);

Ο Δημήτρης Νανόπουλος με τη συντακτική ομάδα φοιτητών του περιοδικού «Φαινόμενον».

Δ.Ν.: Εγώ το πάω πιο βαθειά, αφήνω στην άκρη τις πρακτικές εφαρμογές, τα σβήνω όλα αυτά. Η εσωτερική όμως ικανοποίηση που νιώθει ένας ότι έχει καταλάβει τον κόσμο δεν μετριέται με τίποτα. Απαντάμε στα θεμελιώδη ερωτήματα που αφορούσαν τον άνθρωπο από τότε που κατέβηκε από τα δέντρα! Τώρα απαντάμε σ’όλα αυτά που ήθελαν ο Θαλής, ο Ηράκλειτος και όλοι οι προ-Σωκρατικοί (φιλόσοφοι) να απαντήσουν, όταν αυτοί είπαν ότι θα αφήσουμε στην άκρη τους μύθους και θα καταλάβουμε την φύση.

Κωσταντίνος: Εκτιμάτε ότι το ελληνικό Πανεπιστήμιο είναι σε θέση να αναπτύξει τέτοια έρευνα ώστε να συνδεθεί με την ελληνική παραγωγή και την ελληνική οικονομία γενικότερα;

Δ.Ν.: Φυσικά και θα μπορούσε! Για παράδειγμα εμένα μου κάνει εντύπωση πως είναι δυνατόν να μην έχουμε ανα-

πτύξει το IT (Information Technology). Και γιατί αυτό; Γιατί ουσιαστικά δεν χρειάζεσαι τίποτα (σημ.: αναφέρεται σε υποδομές). Δεν λέω να αναπτύξουμε αεροπλάνα, τανκς και υποβρύχια, εγώ μιλάω για πάρα πολύ απλά πράγματα. Γιατί, αφού έχουμε το μυαλό, να μην έχουμε γίνει καλύτεροι από τους Ινδούς και τους Αμερικάνους; Είναι αυτοί καλύτεροι από μας; Γιατί δεν τα κάναμε εμείς αυτά τα πράγματα; Οι Έλληνες είμαστε καινοτόμοι και θα μπορούσαμε να αναπτύξουμε πολύ αυτόν τον τομέα. Η Ελλάδα θα μπορούσε να είναι το πνευματικό Μονακό! Σκεφτείτε τώρα την Αρχαία Ελλάδα. Τα ευρήματα της αρχαίας ελληνικής ιστορίας είναι οι αντίστοιχοι Επιταχυντές των αρχαιολόγων. Το κέντρο του κόσμου είναι εδώ! Το (αρχαιολογικό) LHC είναι εδώ! Η Ελλάδα θα μπορούσε να είναι το κέντρο της επιστήμης! Τα Πανεπιστήμια θα μπορούσαν να κάνουν ερευνητικά κέντρα σχετικά με αρχαιολογικές σπουδές και να έρχονται φοιτητές από όλο τον κόσμο με λίστα αναμονής. Θα αναπτυσσόταν και η οικονομία μας και θα μεταφέραμε τον πολιτισμό μας μέσω των ανθρώπων που θα ερχόταν από όλο τον κόσμο.

Η κοινωνία πια να ανοίξει τα μάτια της, να καταλάβει ποιοι την διοικούν και την κυβερνούν. Και δεν μιλώ για το πολιτικό μόνο επίπεδο, αναφέρομαι και στο πανεπιστημιακό και σε όλα γενικότερα. Και εμένα μου κάνει εντύπωση πως ο ελληνικός λαός έχει αντιδράσει τόσο ώριμα, παρ'όλο που οι Έλληνες είναι πιο αψείς, και δεν έχει βγει λαοθάλασσα στους δρόμους να τους διώξει όλους αυτούς. Ό,τι είχε γίνει με την επανάσταση στο Γουδί το 1909. Ότι είχε γίνει με τον Πλαστήρα το 1922. Αλλά δεν έχουμε Πλαστήρες τώρα, αυτό είναι το πρόβλημα. Αυτά είναι δύο δημοκρατικά κινήματα που πρέπει να τα ξέρουμε. Είμαι τόσο οργισμένος με όλα αυτά που προφυλάσσω τον εαυτό μου.

Θεοδοσία: Στο βιβλίο «Από την κοσμογονία στη γλωσσογονία» συζητάτε με τον καθηγητή Μπαμπινιώτη πολύ ενδιαφέροντα θέματα. Ανάμεσα σ'αυτά είναι και η εκπαίδευση και ο ρόλος της που, κατά την άποψή σας, δεν είναι η μετάδοση πληθώρας γνώσεων αλλά το να διδάξει τον τρόπο του «σκέπτεσθαι» σε κάθε τομέα της γνώσης. Εμάς, ως φοιτητές μας, έχει προβληματίσει η διαπίστωση ότι υπάρχει μία παγιωμένη κατάσταση εδώ και χρόνια σε ότι αφορά τα μέσα και τις μεθόδους διδασκαλίας των πανεπιστημιακών μαθημάτων που φαίνεται να είναι αναποτελεσματικές και να μην προκαλούν το ενδιαφέρον των φοιτητών για την ίδια τους την επιστήμη. Τί πιστεύετε ότι πρέπει να αλλάξει σε ότι αφορά τη διδασκαλία στο ελληνικό πανεπιστήμιο;

Δ.Ν.: Έχουμε δύο προβλήματα εδώ. Έχουμε ένα που είναι καθαρά ελληνικό πρόβλημα αλλά και ένα παγκόσμιο πρόβλημα που πρέπει να τονισθεί και είναι το γεγονός ότι από τη μία έχει συσσωρευτεί τόση πολλή γνώση και από την άλλη έχετε την τύχη και την ατυχία να έχετε «στα δάχτυλά σας» ότι πληροφορία θέλετε. Να πάτε δηλαδή στο Internet και να ψάξετε και να βρείτε ότι θελήσετε, πράγμα που πολλές φορές είναι λάθος. Αλλά και να μην είναι, αν δεν έχεις μία, κατά κάποιο τρόπο «πείρα», τότε αρχίζεις και μαθαίνεις και πράγματα που είναι άχρηστα. Άρα έχουμε ένα γενικό πρόβλημα εδώ που είναι της γενιάς σας.

Τώρα, στην Ελλάδα, έχουμε το πρόβλημα το καθηγητικό, που φταίει ότι ίσως δεν πληρώνονται καλά, ίσως είναι αδιάφοροι, ίσως δεν είναι πληροφορημένοι, ίσως ακόμη και κάποιοι δεν αγάπησαν ποτέ αυτό που κάνουν. Γιατί όταν αγαπάς κάτι είναι αλλιώς! Μπαίνοντας στην τάξη εγώ, ακόμη και το νόμο του Φαραντέι να κάνω, πετάγομαι ως επάνω! Μου αρέσει που το διδάσκω, ενθουσιάζομαι, και τα παιδιά το εισπράττουν αυτό, το καταλαβαίνουν. Και παθιάζομαι όταν το λέω. Δεν μπαίνω μέσα να τους λέω «α, να λύστε τώρα αυτό το ολοκλήρωμα κτλ…» και φεύγω.

Θεοδοσία: Και είναι δυνατόν η Φυσική να διδάσκεται ακόμη με μαυροπίνακα και κιμωλία; Όταν έχεις στη διάθεσή σου τόσα οπτικο-ακουστικά μέσα για να δείξεις πράγματα; Γιατί στη Φυσική πρέπει να μπορείς να δεις τα φαινόμενα που περιγράφει για να τα κατανοήσεις.

Δ.Ν.: Βέβαια, εννοείται… Εδώ, πόσα χρόνια τώρα, στα αμερικάνικα βιβλία έχουν μαζί και κάτι CD που δείχνουν τρισδιάστατα σχήματα και προσομοιώσεις και μπορείς να αλλάζεις και κάποιες παραμέτρους και να βλέπεις πώς αλλάζουν τα φαινόμενα. Απίστευτα πράγματα! Και λέω τι κρίμα να μην τα είχα και εγώ όταν ήμουν μικρός. Και σήμερα υπάρχει η δυνατότητα εσείς να τα δείτε όλα αυτά και πολλά περισσότερα και κανείς δεν κάνει κάτι γι'αυτό.

Δημήτρης: Ποιο ήταν το πρώτο σας ερέθισμα από το χώρο της Φυσικής και τι ήταν εκείνο που σας δελέασε περισσότερο για να ασχοληθείτε τελικά με αυτό στη ζωή σας;

Δ.Ν.: Ξεκίνησα στην 4η Γυμνασίου το Πρακτικό, αλλά δεν ήμουν καλός μαθητής από την άποψη του παίρνω σε όλα δέκα. Ασχολιόμουν και με άλλα πράγματα, καμιά μπάλα, κανένα κοριτσάκι, τα κλασικά. Το καλοκαίρι λοιπόν πριν αρχίσω την 4η Γυμνασίου μου παίρνει ο πατέρας μου το βιβλίο του Περιστεράκη, ένα μεγάλο χοντρό βιβλίο Φυσικής με έγχρωμες εικόνες. Μου άρεσε

αρκετά και καθόμουν και διάβαζα γιατί άκουγα ότι η Φυσική θα είναι δύσκολη σε αυτή την τάξη και άρχιζα να λύνω ασκήσεις, γιατί μου άρεσε, το είχα τρέλα. Αν και από μικρός μου έλεγε ο πατέρας μου ότι ρωτούσα πάρα πολύ για τα αστέρια, για το φεγγάρι, τον ήλιο, τη Γη, και προσπαθούσε να μου απαντήσει, καθώς είχε γνώσεις αλλά δεν ήταν και επιστήμονας. Μου έλεγε ότι έκανα λογικές ερωτήσεις για την ηλικία μου. Γενικά αυτή η κίνηση του πατέρα μου να μου πάρει από μόνος του ένα βιβλίο Φυσικής ήταν αυτό που θυμάμαι χαρακτηριστικά. Στην συνέχεια με γοήτευσε η Χημεία, διότι ξεκινάει όπως ξέρετε με την Ατομική Θεωρία. Ώπα, λέω εδώ είμαστε, εδώ θα μείνω, και ήθελα να γίνω Χημικός διότι νόμιζα ότι αυτό είναι η Χημεία. Αλλά μετά αρχίζει το υδρογόνο, και άγευστο, και άοσμο και τα λοιπά. Δεν μου πολυ-άρεσε και σιγά σιγά άρχισα να διαβάζω από μόνος μου. Και θυμάμαι ειδικά ένα βιβλίο του Καίσαρα (που αργότερα έτυχε να είναι καθηγητής μου) που είχα πάρει από ένα «Πολυτεχνίτη» φίλο μου .

Ολυμπία: Αν δεν είχατε ασχοληθεί με τη Φυσική, τι άλλο πιστεύετε ότι θα σας ολοκλήρωνε σαν άνθρωπο;

Δ.Ν.: Παιδιά, δεν ξέρω και άλλες πέντε ζωές να είχα πάλι Φυσική θα διάλεγα. Έχω σκεφτεί το εξής: μ'αρέσει πολύ το θέατρο, ο κινηματογράφος, αλλά δεν νομίζω ποτέ ακόμη και αν γινόμουν ο μεγαλύτερος σκηνοθέτης ή οτιδήποτε άλλο σημαντικό ότι θα μου έδινε αυτό το γέμισμα που δίνει μια εξίσωση. Πιστεύω πως αν ο κόσμος καταλάβαινε Μαθηματικά και Φυσική χωρίς να ήταν Μαθηματικοί ή Φυσικοί, θα είχαμε έναν πολύ διαφορετικό κόσμο και όλα θα ήταν ξεκάθαρα. Είναι μεγάλο «δώρο Θεού» να έχεις μυαλό που να μπορεί να καταλαβαίνει Μαθηματικά και Φυσική και έχεις μια άλλη συνείδηση κόσμου. Στο τέλος της ημέρας πάντως δεν θα μπορούσε να με γεμίσει τίποτα περισσότερο από μια ρημάδα εξίσωση…

ΒΙΟΓΡΑΦΙΕΣ

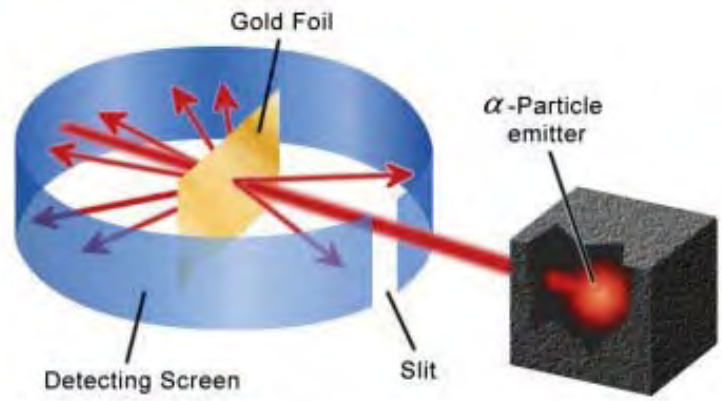
Ernest Rutherford: 100 χρόνια από την ανακάλυψη του πυρηνικού μοντέλου

Δημήτριος Χατζηπαναγιωτίδης
Φοιτητής Τμ. Φυσικής

Τη χρονιά που μας πέρασε έκλεισαν 100 χρόνια από την ανακάλυψη του πυρηνικού μοντέλου για την περιγραφή του ατόμου από τον Rutherford. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, στο κέντρο του ατόμου βρίσκεται συγκεντρωμένη όλη σχεδόν η μάζα του με το θετικό ηλεκτρικό φορτίο, ενώ γύρω από το κέντρο περιφέρεται το νέφος των αρνητικά φορτισμένων ηλεκτρονίων. Με αφορμή αυτό το γεγονός θα αναφερθούμε στο δημιουργό αυτού του μοντέλου, τον Ernest Rutherford, και στη ζωή του μεγάλου αυτού Φυσικού.

Ο Rutherford γεννήθηκε στις 30 Αυγούστου το 1871 κοντά στην πόλη Nelson της Νέας Ζηλανδίας και ήταν το τέταρτο παιδί σε μια οικογένεια επτά αγοριών και πέντε κοριτσιών. Οφείλει την αγάπη του για τη μόρφωση στους γονείς του, τον πατέρα του, James, που ήταν μηχανουργός και τη δασκάλα μητέρα του, Martha. Στην ηλικία των 10 ετών έπιασε στα χέρια του, στο σχολείο, το πρώτο του βιβλίο Φυσικής. Ένα από τα πειράματα που περιγραφόταν σε αυτό και αφορούσε τον υπολογισμό της απόστασης με την ταχύτητα του ήχου έδωσε την έμπνευση στο μικρό Ernest να υπολογίσει την απόσταση που πέφτει ένας κεραυνός, εκπλήσσοντας τους γονείς του. Το 1887, σε ηλικία 16 ετών, με τη δεύτερή του προσπάθεια, κέρδισε υποτροφία για το κολλέγιο του Nelson, όπου και παρέμεινε εκεί για τα επόμενα 3 χρόνια. Το 1889 κέρδισε μια από τις 10 υποτροφίες για θέση βοηθού σε ένα κολλέγιο του πανεπιστημίου της Νέας Ζηλανδίας. Το 1892 αποκτά πτυχίο (Bachelor) σε Μαθηματικά, Φυσική, Λατινικά, Αγγλικά και Γαλλικά από το κολλέγιο Canterbury. Λόγω της ικανότητάς του στα Μαθηματικά, κέρδισε υποτροφία που του επέτρεψε να παραμείνει για ένα ακόμη χρόνο στο Canterbury για μεταπτυχιακές σπουδές. Στην πρωτότυπη εργασία του ασχολήθηκε με τη μαγνητική συμπεριφορά του σιδήρου υπό την επίδραση υψίσυχνων ρευμάτων Αποφοίτησε το 1893 με μεταπτυχιακό δίπλωμα στα Μαθηματικά και τη Φυσική (ηλεκτρισμό και μαγνητισμό). Το 1894 επιστρέφει στο Καντέρμπουρι για άλλον ένα χρόνο, όπου αποκτά πτυχίο στη Γεωλογία και τη Χημεία. Η επανεγγραφή του στο πανεπιστήμιο έγινε ώστε να μπορέσει να διεκδικήσει υποτροφία για σπουδές στο εξωτερικό την οποία και κέρδισε χάρη στην εργασία του στα υψίσυχνα ρεύματα μαγνήτισης.

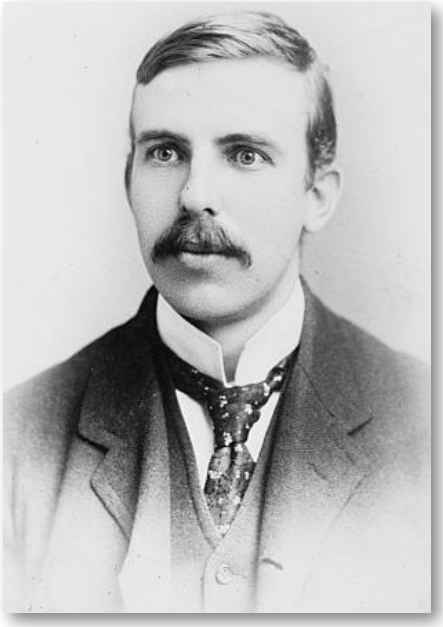
Το 1895 στην ηλικία των 23 ετών, φεύγει από τη Νέα Ζηλανδία έχοντας τη φήμη του ικα-



Σχηματική αναπαράσταση του πειράματος του Marsden.

νού και καινοτόμου πειραματικού ερευνητή. Φτάνοντας στο Cambridge, γρήγορα αναγνωρίστηκε το ταλέντο του από τον J.J. Thomson και έτσι επιλέχθηκε να δουλέψει ως ερευνητής μαζί του στο εργαστήριο Cavendish. Ήταν ο πρώτος ερευνητής που εργάστηκε σε αυτό το εργαστήριο χωρίς να είναι απόφοιτος του πανεπιστημίου του Cambridge. Η πρώτη του εφεύρεση εκεί ήταν ένας ανιχνευτής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, ικανός να ανιχνεύσει ηλεκτρομαγνητικά κύματα από απόσταση μερικών μέτρων, ακόμα και αν υπήρχε ένας τοίχος από τούβλα ανάμεσα. Στη συνέχεια, για να λύσει το πρόβλημα της κίνησης των πλοίων μέσα στην ομίχλη, αύξησε την ευαισθησία του ανιχνευτή του και κατάφερε να ανιχνεύσει ηλεκτρομαγνητικά κύματα από απόσταση αρκετών εκατοντάδων μέτρων. Στη συνέχεια ασχολήθηκε με τη μελέτη της ηλεκτρικής αγωγιμότητας των αερίων υπό την επίδραση υψηλής τάσης. Όταν ανακαλύφθηκαν οι ακτίνες Χ από τον W. Rontgen μερικούς μήνες μετά, τις χρησιμοποίησε για να προκαλέσει αγωγιμότητα σε αέρια μέσω ιονισμού σε συνεργασία με τον J.J. Thompson. Οι μελέτες αυτές οδήγησαν τον Thompson στην ανακάλυψη του ηλεκτρονίου. Το ίδιο έκανε και με ακτινοβολία που εκπέμπεται από ραδιενεργά στοιχεία, όταν αυτά ανακαλυφθήκαν από τον H. Becquerel το 1896. Σύντομα το ενδιαφέρον του στράφηκε στο να κατανοήσει το μηχανισμό εκπομπής ακτινοβολίας από τα ραδιενεργά στοιχεία, πράγμα που τον απασχόλησε για το υπόλοιπο της ζωής του. Το 1898, μελετώντας την ραδιενεργό εκπομπή του ουρανίου ανακάλυψε δυο διαφορετικά είδη ακτινοβολίας, την *α* και *β* ακτινοβολία και περιέγραψε κάποιες από τις ιδιότητές τους. Βρήκε ότι η ακτινοβολία *α* έχει πολύ μεγαλύτερη ικανότητα ιονισμού απ'ότι η *β*. Αργότερα ανακαλύφθηκε ότι η *β* ακτινοβολία ήταν υψηλής ενέργειας ηλεκτρόνια. Παρέμεινε στο εργαστήριο Cavendish μέχρι τα τέλη του 1898 και οι επιστημονικοί του ορίζοντες διευρύνθηκαν αρκετά κατά την παραμονή του εκεί καθώς μεγάλωσε και η φήμη του λόγω της συνεργασίας του με τον J.J. Thompson. Πολλοί διακεκριμένοι επιστήμονες που δούλεψαν στο εργαστήριο Cavendish όπως ο J. Chadwick, J. Cockcroft, E. Walton, J. Thompson, F. Aston, E. Appleton και άλλοι επεσήμαναν πως η πλειοψηφία των πειραμάτων ξεκινούσαν από τον Rutherford από έμμεση ή άμεση πρότασή του.

Στη συνέχεια δέχτηκε τη θέση που του προσφέρθηκε στο πανεπιστήμιο McGill στο Mondreal του Καναδά, όπου τα εργαστήρια ήταν πολύ καλά εξοπλισμένα δίνοντάς του έτσι τη δυνατότητα να μελετήσει τα ραδιενεργά στοιχεία. Εκεί σε συνεργασία με το R. Owens μελέτησε την προέλευση του θορίου και ανακάλυψε ένα νέο ευγενές αέριο, ισότοπο του ραδονίου, που έγινε γνωστό με το όνομα θορόνιο. Το 1900 με τη βοήθεια ενός νεαρού χημικού, του F. Soddy, ερμήνευσε την εκπομπή



ραδιενέργειας δείχνοντας ότι βαριοί πυρήνες διασπώνται αυθόρμητα και μετατρέπονται σε ελαφρύτερους εκπέμποντας ραδιενέργεια. Με τη δουλειά του αυτή ξεκίνησε και η διεθνής του αναγνώριση. Εκλέχθηκε Fellow του Royal Society του Καναδά. Την ίδια χρονιά επέστρεψε στη Νέα Ζηλανδία για να παντρευτεί την Mary Newton με την οποία απέκτησε μια κόρη, την Eileen. Το 1904 εκδίδεται το πρώτο του βιβλίο με τίτλο ''Radioactivity'' και ακολούθως το 1906 το βιβλίο με τίτλο ''Radioactive Transformations'' στο οποίο παρουσίασε ολοκληρωμένο τον μαθηματικό φορμαλισμό της θεωρίας του, τακτοποίησε τις τέσσερις ραδιενεργές σειρές, ουράνιο, θόριο, ακτίνιο, ράδιο, και καθιέρωσε την αρχή ότι κάθε ραδιενεργό στοιχείο αναγνωρίζεται από το χρόνο ημιζωής του. Μια από τις σημαντικές ανακαλύψεις του εκείνο τον καιρό ήταν ότι ο μόλυβδος είναι το τελικό προϊόν από τη διάσπαση του ουρανίου. Έτσι, μετρώντας τις σχετικές αναλογίες και το ρυθμό εκπομπής του ουρανίου μπορούσε να χρονολογήσει ορυκτά πετρώματα. Αυτή η τεχνική έθεσε ένα κατώτερο όριο στην χρονολογία σχηματισμού της Γης και έγινε βασικό εργαλείο για την επιστήμη της Γεωλογίας. Κατά την παραμονή του στον Καναδά δέχτηκε πολλές προτάσεις συνεργασίας από μεγάλα αμερικανικά πανεπιστήμια, όπως το Yale και το Ινστιτούτο Smithsonian, πράγμα που είχε ως αποτέλεσμα το McGill να αυξήσει το μισθό του για να τον κρατήσει. Ο Rutherford όμως πάντα είχε στο μυαλό του ότι το κέντρο της επιστήμης εκείνης της εποχής βρισκόταν στην Αγγλία και ότι εκεί θα έβρισκε ικανότερους φοιτητές.

Το 1908 βραβεύεται με το Nobel Χημείας για την έρευνά του επάνω στη διάσπαση των στοιχείων και τις χημικές ιδιότητες των ραδιενεργών ουσιών. Ο τίτλος ήταν ''The Chemical Nature of the Alpha Particles from Radioactive Substances''. Συχνά ο Rutherford, αφότου έλαβε το Nobel, ανέφερε με χιούμορ στους φίλους του πως η γρηγορότερη μεταστοιχείωση που ήξερε ήταν η δική του από Φυσικό σε Χημικό.

Το Nobel του Rutherford ήταν το πρώτο βραβείο που δόθηκε για δουλειά που έγινε στον Καναδά. Η βράβευσή του έγινε όταν ο Rutherford ήταν ήδη στο πανεπιστήμιο του Manchester, αφού το 1907 κατέλαβε τη θέση του καθηγητή A. Schuster (ο οποίος είχε κληρονομήσει μια μεγάλη περιουσία και είχε αποφάσισε να αποσυρθεί αν δεχόταν τη θέση του ο Rutherford).

Η συνεισφορά του Rutherford στην ατομική και πυρηνική Φυσική όσο ήταν στο Manchester ήταν μεγάλη. Απέδειξε ότι η *α* ακτινοβολία είναι γυμνοί πυρήνες ηλίου πράγμα που υποπτευόταν καιρό. Κατάφερε να παγιδεύσει σωμάτια *α* σε ένα γυάλινο κλειστό δοχείο όπου αυτά συνέλαβαν ηλεκτρόνια σχηματίζοντας άτομα. Στη συνέχεια μελετώντας τις φασματικές γραμμές έδειξε ότι τα άτομα που είχαν σχηματιστεί ήταν άτομα ηλίου. Σε συνεργασία με τον H. Geiger ανέπτυξε τη μέθοδο ανίχνευσης των ραδιενεργών σωματιδίων (τον ανιχνευτή Rutherford-Geiger) και τη χρησιμοποίησε για τον ακριβέστερο καθορισμό σημαντικών σταθερών στη Φυσική, όπως ο αριθμός του Avogadro. Όταν ήταν στο McGill, ο Rutherford είχε παρατηρήσει ότι όταν μια δέσμη από σωμάτια *α* περνά από ένα λεπτό φύλλο μίκας, διαχέεται κατά την έξοδό της. Στο Manchester ανέθεσε στον Geiger να μετρήσει τον αριθμό των σωματίων *α* σε σχέση με τη γωνία σκέδασης. Επίσης ανέθεσε στον τότε προπτυχιακό φοιτητή E. Marsden να ερευνήσει εάν κάποια από τα σωμάτια *α* ανακλώνται όταν προσπίπτουν πάνω σε μέταλλα. Ο Marsden οδήγησε μια δέσμη σωματίων *α* πάνω σε ένα φύλλο χρυσού και παρατήρησε ότι κάποια από αυτά οπισθοσκεδάζονται σε 180° ως προς τη διεύθυνση πρόσπτωσης. Αυτό εξέπληξε τον Rutherford ο οποίος δήλωσε ότι ήταν σαν να ρίχνουμε

με ένα όπλο σε ένα φύλλο χαρτί και η σφαίρα να γυρίζει πίσω. Το 1911 έχοντας επεξεργαστεί όλα τα δεδομένα από αυτό το πείραμα, ο Rutherford αναπτύσσει τη θεωρία σκέδασης και καταλήγει στο συμπέρασμα ότι σχεδόν όλη η μάζα του ατόμου είναι συγκεντρωμένη σε μια πολύ μικρή περιοχή στο κέντρο του, χίλιες φορές μικρότερη από το ίδιο το άτομο, και ότι η περιοχή αυτή έχει θετικό φορτίο. Γύρω από αυτό τον πυρήνα κινούνται τα ηλεκτρόνια. Έτσι γεννήθηκε το πυρηνικό μοντέλο του ατόμου, η πιο διάσημη ανακάλυψη του Rutherford. Βέβαια ο Rutherford δεν μπορούσε να εξηγήσει την ευστάθεια του συστήματος αλλά αυτό ήταν κάτι που δεν τον απασχολούσε ιδιαίτερα. Αργότερα ένας νεαρός Δανός Φυσικός, ο N. Bohr, ελκύστηκε από το μοντέλο του Rutherford και ανέπτυξε την κβαντική θεωρία του για το άτομο του υδρογόνου το 1913, δημιουργώντας ένα νέο κεφάλαιο, από τα σημαντικότερα στη Φυσική.

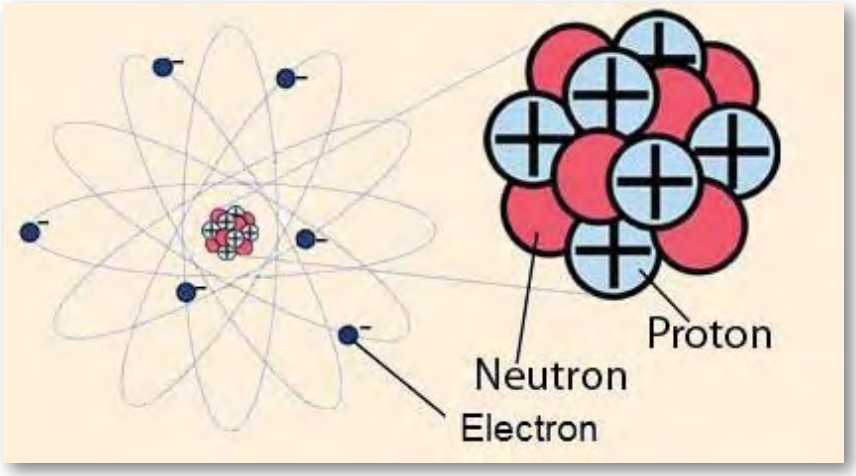
Το 1914 ο Rutherford επισκέφτηκε τη Νέα Ζηλανδία για ένα επιστημονικό συνέδριο αλλά και για να δει την οικογένειά του. Λίγο πριν φτάσει στην Αυστραλία ξέσπασε ο 1ος παγκόσμιος πόλεμος. Μετά από τρεις μήνες επιστρέφει στην Βρετανία όπου εργάζεται σε ακουστικές μεθόδους για την ανίχνευση υποβρυχίων. Ξέροντας πως η ενέργεια που σχετίζεται με την εκπομπή της *α* και *β* ακτινοβολίας ήταν εκατομμύρια φορές μεγαλύτερη από αυτή των χημικών δεσμών πίστευε ότι ο πυρήνας των ατόμων περιέχει τεράστια ποσά ενέργειας και ήλπιζε ότι δεν θα ανακαλυφθούν μέθοδοι για την απελευθέρωσή της έως ότου στον κόσμο επικρατούσε η ειρήνη. Έντονη ήταν η προσπάθειά του να πείσει τις συμμαχικές κυβερνήσεις να μην στέλνει τους νέους επιστήμονες σε θέσεις μάχης αλλά να τους χρησιμοποιεί σε επιστημονικά θέματα που αφορούν τον πόλεμο καθώς είχε επηρεαστεί από το θάνατο στη μάχη ενός από τους λαμπρότερους μαθητές του, του H. Moseley που είχε ασχοληθεί με την περιγραφή της ατομικής δομής με τη βοήθεια ακτίνων x.

Κοντά στο τέλος του πολέμου ο Rutherford σταμάτησε την πολεμική έρευνα και ασχολήθηκε ξανά με την πυρηνική Φυσική. Καθώς βομβάρδιζε άτομα αζώτου με σωμάτια *α* παρατήρησε ότι εξάγονται πρωτόνια με ενέργεια μεγαλύτερη από αυτή των *α*. Μελετώντας το φαινόμενο αυτό κατάλαβε ότι τα άτομα αζώτου μετατρέπονταν σε άτομα οξυγόνου. Έτσι έγινε ο πρώτος που μεταστοιχείωσε άτομα με τεχνητό τρόπο, πράγμα που τον έκανε ακόμα πιο διάσημο.

Το 1919 γίνεται διευθυντής στον εργαστήριο Cavendish του πανεπιστημίου του Cambridge όπου, την επόμενη δεκαετία δημιουργεί μια αξιόλογη ερευνητική ομάδα. Το 1926 ιδρύθηκε στη Νέα Ζηλανδία τμήμα Επιστημονικής και Βιομηχανικής Έρευνας με τη συμβολή του Rutherford. Το 1932 είναι ένα σημαντικό έτος για τον Rutherford και το εργαστήριο Cavendish καθώς ο J. Chadwick ανακάλυψε το νετρόνιο. Μια δεκαετία πριν ο Rutherford είχε προβλέψει την ύπαρξη του νετρονίου και συχνά ανέφερε στον Chadwick τι ιδιότητες πρέπει να έχει. Το ίδιο έτος οι J. Cockcroft και E. Walton διέσπασαν το άτομο με τεχνητούς τρόπους χρησιμοποιώντας πυρήνες υδρογόνου, δηλαδή πρωτόνια, τα οποία επιτάχυναν σε πολύ μεγάλες ταχύτητες με έναν επιταχυντή υψηλής τάσης, που είχαν κατασκευάσει οι ίδιοι. Έτσι η εποχή ενός πολύ μεγάλου κεφαλαίου στη Φυσική ξεκίνησε υπό την καθοδήγηση του Rutherford καθώς για χρόνια υποστήριζε ότι για να κατανοήσουμε τη δομή του πυρήνα χρειαζόμαστε σωματίδια που θα επιταχυνθούν σε διαφορά δυναμικού εκατομμυρίων volts, ώστε η ενέργειά τους να είναι τάξης μεγέθους αντίστοιχης αυτής των σωματιδίων που εκπέμπονται από τα ραδιενεργά στοιχεία και ως τούτου παρότρυνε τη δημιουργία πηγών υψηλής τάσης. Μετά την επιτυχία των Cockcroft και Walton, ο Rutherford ανέθεσε στον M. Oliphant να φτιάξει έναν επιταχυντή χαμηλότερης ενέργειας αλλά με μεγαλύτερη ροή σωματιδίων. Τον ίδιο καιρό ο G. Lewis ανακάλυψε το δευτέριο στο πανεπιστήμιο του Berkeley. Έτσι επιτάχυναν πυρήνες δευτερίου με το νέο επιταχυντή και βομβάρδισαν στόχους δευτερίου, δημιουργώντας ένα ραδιενεργό ισότοπο του υδρογόνου, το τρίτιο, και ένα σταθερό ισότοπο του ηλίου, το He^3, μέσω αντιδράσεων σύντηξης.

Ο Rutherford κατά τη διάρκεια της ζωής του απέκτησε πολλούς τίτλους όπως Βαρόνος του Nelson, εκλέχθηκε Fellow of the Royal Society και διετέλεσε πρόεδρός της για πέντε χρόνια. Επίσης απέκτησε πιθανότατα τη μεγαλύτερη συλλογή επιστημονικών μεταλλίων στον κόσμο. Ο Rutherford πέθανε στις 19 Οκτωβρίου του 1937 σε ηλικία 66 ετών στο Cambridge. Αιτία ήταν η αργοπορία στην εγχείρηση ομφαλοκήλης αφού, επειδή ήταν βαρόνος, επιτρεπόταν μόνο να εγχειριστεί από ιατρό με παρόμοιο τίτλο. Ο γιατρός έπρεπε να πάει στο Cambridge από το Λονδίνο και η καθυστέρηση συνετέλεσε στο να επέλθει το μοιραίο. Οι στάχτες του ενταφιάστηκαν στο Αββαείο του Westminster του Λονδίνου κοντά στον I. Newton. Πολλά κτήρια και δρόμοι σε αρκετές χώρες έχουν πάρει το όνομά του προς τιμήν του καθώς και γραμματόσημα διάφορων χωρών όπως της Σουηδίας, του Καναδά, της Ρωσίας και της Νέας Ζηλανδίας έχουν το πρόσωπό του.

Το αδιαμφισβήτητα μεγαλειώδες έργο του στη Φυσική επισκιάζει την ανιδιοτέλειά του. Είναι αξιοσημείωτο ότι πολλές φορές δεν έβαζε ούτε το όνομά του σε σπουδαίες δημοσιεύσεις, όπως αυτές των Geiger-Marsden, του Chadwick ή των Cockcroft-Walton. Οι εργασίες στις οποίες δεν συμμετείχε αποτελούν περίπου το 1/3 των εργασιών που βασίστηκαν σε δικές του ιδέες, κάτι που δείχνει ότι ήταν ένας άνθρωπος που εργαζόταν σκληρά για το καλό της επιστήμης.



Αναφορές:
[1] www.rutherford.org.nz
[2] "Ernest Rutherford: Scientist supreme", J. Campbell, Physics World, p. 35, September 1998.

Συνείδηση: Υπόθεση πολύ …κβαντική!

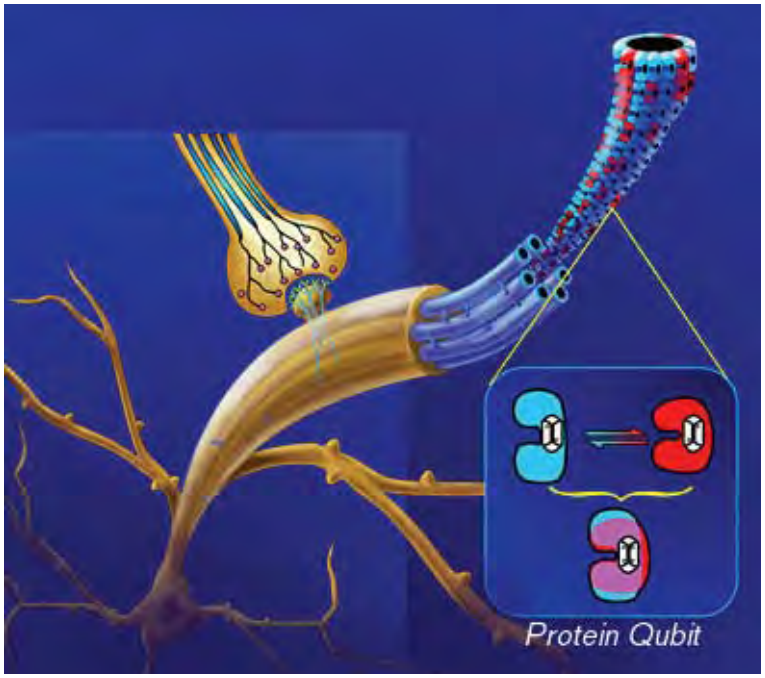
Κωνσταντίνος Κατριοπλάς
Φοιτητής Τμ. Φυσικής

Είναι το μυαλό μας απλά μια υπολογιστική μηχανή, και η συνείδηση μονάχα η αίσθηση που έχουμε όταν σκεφτόμαστε; Ίσως είναι η συνείδηση ένα βασικό συστατικό του σύμπαντος, στο οποίο ο εγκέφαλός μας μπορεί να συντονιστεί, σαν ένας δέκτης ραδιοφώνου; Η απάντηση μπορεί να φαντάζει ουτοπική, ωστόσο δεν παύει να αποτελεί αντικείμενο έρευνας διάφορων κλάδων της επιστήμης· φυσικοί, χωρίς να δίνουν πολύ σημασία στη σύγχρονη νευροβιολογία, μπαίνουν στον πειρασμό να υποθέσουν μια καρτεσιανή, δυϊκή αντιμετώπιση του θέματος εγκεφάλου – νου, ενώ νευροεπιστήμονες και νευροβιολόγοι τείνουν να θεωρούν τις θεωρίες της φυσικής άσχετες με το δικό τους πεδίο έρευνας και δεν επιχειρούν να καταλάβουν τις αρχές τους. Ωστόσο, όλοι φαίνονται να συμφωνούν στο ότι η συνείδηση, ή γενικότερα η νοητική δραστηριότητα, συνδέεται με κάποιο τρόπο με τη συμπεριφορά της ύλης του εγκεφάλου και, καθώς η κβαντομηχανική είναι μάλλον η καλύτερη θεωρία διαθέσιμη για την εξήγηση της συμπεριφοράς της ύλης στο μικρόκοσμο, είναι εύλογος ο ισχυρισμός ότι η κβαντομηχανική ίσως μπορεί να μας βοηθήσει να εξηγήσουμε από πού προέρχεται, και πως λειτουργεί η συνείδηση.

Θεωρείται γενικά ότι η κβαντομηχανική έχει να κάνει με το μικροσκοπικό και το ψυχρό, ενώ η κλασσική φυσική με το μακροσκοπικό και το σύνθετο. Ωστόσο, υπάρχουν σημαντικά παραδείγματα φυσικής στερεάς κατάστασης όπου κβαντικά φαινόμενα εκδηλώνονται σε σχετικά μεγάλες αποστάσεις και υψηλές θερμοκρασίες. Ένα παράδειγμα είναι η υπεραγωγιμότητα, όπου ο σχηματισμός ζεύγους ηλεκτρονίων που εκδηλώνει κβαντική συνοχή σε μακροσκοπικές κλίμακες της τάξης μερικών χιλιάδων Angstrom (δηλαδή τρείς τάξεις μεγέθους μεγαλύτερες αποστάσεις από το ατομικό επίπεδο) ευθύνεται για μεταφορά ηλεκτρικού ρεύματος με μηδενική αντίσταση. Δεν είναι απίθανο επομένως, παρόμοια κβαντικά φαινόμενα να εμφανίζονται και σε βιολογικά συστήματα που λειτουργούν σε θερμοκρασίες δωματίου. Στην πραγματικότητα αυτή η ιδέα δεν είναι πρωτόγνωρη: Από το 1944 ο Schrödinger στο βιβλίο του "What is life" είχε διατυπώσει την άποψη πως συγκεκριμένες συμπεριφορές των ζωντανών οργανισμών, όπως οι μεταλλάξεις του DNA, ίσως δεν είναι εφικτό να εξηγηθούν με κλασσική φυσική μόνο αλλά χρειάζονται κβαντικές έννοιες, όπως τα κβαντικά άλματα.

Αλλά πώς μπορούν να συνδέονται παρόμοιες έννοιες με τον ανθρώπινο νου και τη διαδικασία λήψης αποφάσεων; Ο ανθρώπινος εγκέφαλος είναι ένα μακροσκοπικό αντικείμενο που ζυγίζει λίγο παραπάνω από 1 κιλό, και τα βασικά στοιχεία του είναι οι νευρώνες, δηλαδή τα νευρικά κύτταρα. Η βασική ιδέα προτάθηκε από τους Penrose και Hameroff τη δεκαετία του 90, σύμφωνα με την οποία μέσα στους νευρώνες υπάρχουν δομές που λέγονται μικροσωληνίσκοι (microtubules), στους οποίους μεταδίδονται κβαντικά κύματα που μεταφέρουν με κάποιο τρόπο τις πληροφορίες. Συγκεκριμένα, πρότειναν τη θεωρία Orch-OR (orchestrated objective reduction), σύμφωνα με την οποία αυτοί οι μικροσωληνίσκοι δομούνται από την πρωτεΐνη τουμπουλίνη, τα διμερή της οποίας μπορούν να θεωρηθούν ως ένα κβαντικό σύστημα δύο ιδιοκαταστάσεων σε επαλληλία. Εδώ όμως το πρόβλημα της κβαντομηχανικής όπου το σύστημα προσπίπτει με συγκεκριμένη πιθανότητα σε μια κατάσταση εφόσον υπάρξει εξωτερική παρατήρηση αντιμετωπίζεται διαφορετικά: Ακόμα και αν δεν παρατηρηθεί, αναπόφευκτα καταρρέει επειδή πάντα υπάρχουν βαρυτικές επιδράσεις. Η κυματοσυνάρτηση τελικά θα εντοπιστεί σε μία κατάσταση ακόμα και αν δεν υπάρξει εξωτερικός παρατηρητής. Έτσι σύμφωνα με αυτό το (θεωρητικό) μοντέλο, όταν εκπληρώνεται ένα συγκεκριμένο κατώφλι μάζας/ενέργειας, αυτό το *in vivo* σύστημα μικροσωληνίσκων καταρρέει ως αποτέλεσμα κβαντικής βαρύτητας.

Τις ιδέες των Penrose και Hameroff εξέλιξαν οι Νανόπουλος και Μαυρόματος, αναπτύσσοντας ένα συγκεκριμένο ηλε-

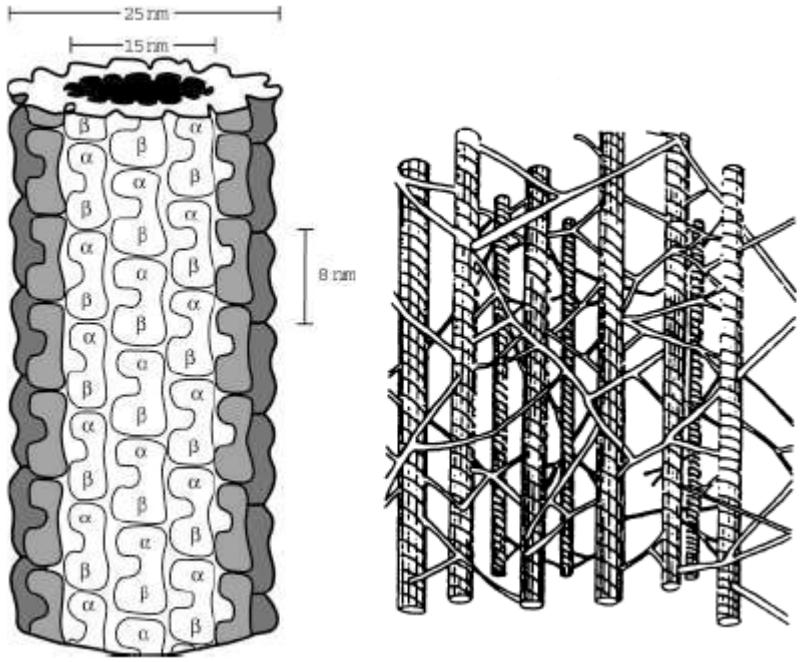


Σχηματική αναπαράσταση μικροσωληνίσκων στους νευρώνες. Πηγή: http://www.quantumconsciousness.org

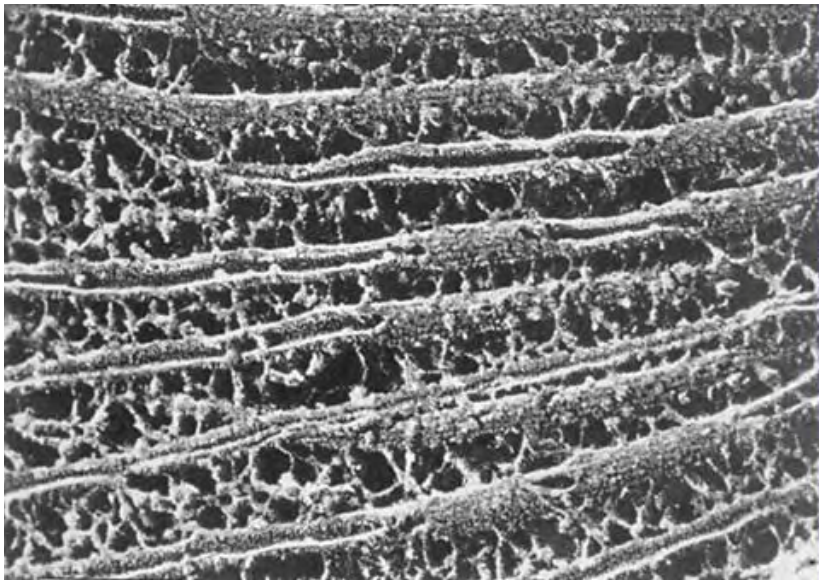
κτροδυναμικό μοντέλο για τους μικροσωληνίσκους, στο οποίο οι ισχυρότερες δυνάμεις που ασκούνται στο σύστημα είναι οι ηλεκτρομαγνητικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ηλεκτρικών διπολικών ροπών των διμερών της τουμπουλίνης και των αντίστοιχων κβαντικών διπόλων στο εσωτερικό των μικροσωληνίσκων, που αποτελείται από προσανατολισμένα μόρια νερού. Προκαλείται έτσι επαλληλία και τελικά κβαντική συνοχή σε λιγότερο από 10^{-6} – 10^{-7} δευτερόλεπτα. Η τελική απόφαση για το πώς θα αντιδράσουμε σε ένα εξωτερικό ερέθισμα, σύμφωνα με τον Νανόπουλο, οφείλεται στην κατάρρευση της κυματοσυνάρτησης του εγκεφάλου λόγω αυτών των ηλεκτρομαγνητικών επιδράσεων. Βέβαια, εξαιτίας της πιθανοκρατικής φύσης της κβαντομηχανικής, δεν ξέρουμε *a priori* την απόφαση που πρόκειται να πάρουμε. Και αυτό είναι λογικό, καθώς από αυτό πηγάζει η μη-ντετερμινιστική ελεύθερη βούληση. Επίσης σημαίνει ότι σε μερικές περιπτώσεις διαφορετικά άτομα πιθανό να αντιδρούν με διαφορετικό τρόπο στο ίδιο εξωτερικό ερέθισμα.

Ωστόσο όλα αυτά παρέμεναν για κάποιο διάστημα θεωρίες χωρίς ισχυρές πειραματικές αποδείξεις που να υποδεικνύουν ότι μακροσκοπικά κβαντομηχανικά φαινόμενα μπορούν να σχετίζονται με τους ζωντανούς οργανισμούς, και ακόμα περισσότερο με την συνείδηση. Η κατάσταση αυτή άλλαξε το 2007, όταν μια έρευνα για τη φωτοσύνθεση στα φυτά εξασφάλισε πειστικές αποδείξεις για την ύπαρξη κβαντομηχανικών φαινομένων σε ζωντανούς οργανισμούς. Οκτώ διαφορετικά μόρια που απορροφούν φως (και αλλάζουν χρώμα λόγω επιλεκτικής απορρόφησης μήκους κύματος) σε μερικές φωτοσυνθετικές πρωτεΐνες, συλλέγουν και μεταφέρουν ενέργεια σύμφωνα με κβαντομηχανικούς πιθανοκρατικούς νόμους αντί για αυστηρούς κλασσικούς σε θερμοκρασίες 180 K. Επίσης πειράματα είχαν πραγματοποιηθεί από το 2005 για τη μέτρηση της ηλεκτρικής διπολικής ροπής σε μικροσωληνίσκους σε εγκεφάλους χοίρων. Συγκεκριμένα έγινε μέτρηση της ηλεκτρικής ροπής εξ επαγωγής που παραμένει αφού απενεργοποιηθεί το εξωτερικό ηλεκτρικό πεδίο. Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν τόσο για σταθερό όσο και για εναλλασσόμενο με υψηλή συχνότητα πεδίο και έδειξαν ότι οι μικροσωληνίσκοι κινούνταν και στις δύο περιπτώσεις παράλληλα προς την άνοδο. Επιπλέον, το 2010, χρησιμοποιώντας φασματοσκοπικές μεθόδους σε δύο είδη πρωτεΐνης που συλλέγουν φως, οι οποίες απομονώθηκαν από κρυπτόφυτα θαλάσσια φύκη, αποδείχτηκε ότι υπάρχει ταλάντωση ηλεκτρονικών διεγέρσεων λόγω κβαντικής συσχέτισης κατά μήκος των πρωτεϊνών μήκους 5 nm, ακόμα και σε θερμοκρασίες 294 K, σύμφωνα δηλαδή με το θεωρητικό μοντέλο των ηλεκτρομαγνητικών επιδράσεων στους μικροσωληνίσκους. Αυτά τα πειραματικά αποτελέσματα παρείχαν για πρώτη φορά απόδειξη κβαντικής επαλληλίας σε σχετικά μεγάλες αποστάσεις σε ζωντανούς οργανισμούς, και αποκάλυψαν έναν μάλλον μη τετριμμένο ρόλο της κβαντικής φυσικής στη μεταφορά ενέργειας και πληροφοριών. Βέβαια οι πρωτεΐνες των θαλάσσιων φυκών και οι μικροσωληνίσκοι είναι δύο διαφορετικά συστήματα και η συνείδηση έχει να κάνει (μάλλον) μόνο με τους τελευταίους, ωστόσο είναι και τα δύο σύνθετες πρωτεϊνικές βιολογικές δομές και το γεγονός ότι κβαντικά φαινόμενα παίζουν ουσιώδη ρόλο στη μεταφορά ενέργειας στα θαλάσσια φύκη αποτελεί ισχυρή ένδειξη ότι παρόμοια φαινόμενα επαλληλίας μπορεί να λαμβάνουν χώρα στον εγκέφαλο. Αν πράγματι ισχύει αυτό, τότε ίσως είναι πιθανό να εξηγείται με κβαντομηχανικές έννοιες και η δημιουργία της συνείδησης.

Ποιες είναι οι επιπτώσεις στην τεχνολογία και την επιστήμη αν αυτά τα μοντέλα αποδειχθούν ότι εξηγούν τον τρόπο που λειτουργεί ο νους; Ο Roger Penrose από το 1989 στο βιβλίο του The Emperor's New Mind υποστήριξε ότι ο ανθρώπινος εγκέφαλος διαθέτει μια επιπρόσθετη λειτουργία που δεν βασίζεται σε αλγορίθμους, και επομένως μπορεί να εκτελέσει λειτουργίες που κανένας υπολογιστής δεν μπορεί να εκτελέσει. Αν ο μηχανισμός των μικροσωληνίσκων είναι όντως πραγματικός, τότε ίσως καταφέρουμε να καταλάβουμε που οφείλεται η διαμόρφωση της κρίσης που εμφανίζουν τα ενσυνείδητα όντα, το κυριότερο χαρακτηριστικό της συνείδησης, σύμφωνα με τον Penrose. Επιπλέον, να καταλάβουμε τον λόγο για τον οποίο μπήκε η διαδικασία της φυσικής επιλογής στον κόπο να ευνοήσει την ενσυνείδητη αντίληψη, όταν είναι βέβαιο ότι ο αμείλικτος νόμος της ζούγκλας θα έπρεπε να την είχε ξεριζώσει από καιρό αν ήταν άχρηστη ή εύκολα προσομοιώσιμη από έναν υπολογιστή. Όπως λέει και ο Νανόπουλος, «δεν μπορώ να πιστέψω ότι η φύση μετά από δισεκατομμύρια χρόνων εξέλιξης δημιούργησε αυτά τα τέλεια κβαντικά συστήματα μέσα στους νευρώνες μόνο για πλάκα!». Πέρα όμως από αυτό το αρκετά φιλοσοφικό επίπεδο, όπως υποδεικνύει ο Νανόπουλος, μια τέτοια γνώση θα βοηθούσε στην διάγνωση και θεραπεία διάφορων ασθενειών, όπως για



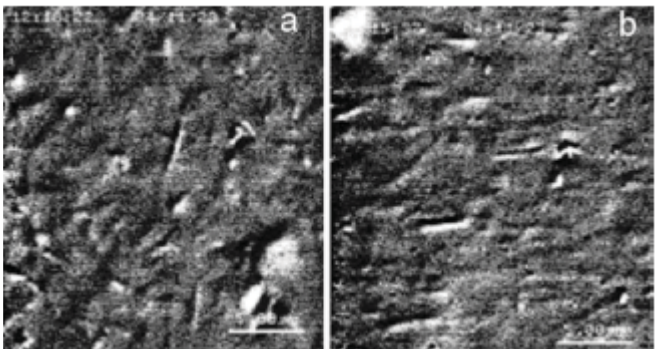
Αριστερά: Δομή μικροσωληνίσκου. Τα εξωτερικά τοιχώματα αποτελούνται από διμερή της πρωτεΐνης τουμπουλίνης, ενώ το εσωτερικό είναι γεμάτο από προσανατολισμένα μόρια νερού. Δεξιά: Δίκτυο μικροσωληνίσκων. Μεταξύ τους ενώνονται με Microtubule Associated Proteins (MAP).



Δενδριτικοί μικροσωληνίσκοι που συνδέονται με MAPs. Σε μερικά τμήματα φαίνονται σχισμένοι, αποκαλύπτοντας το κενό εσωτερικό τους. Η φωτογραφία πάρθηκε με ανοσο-ηλεκτρική μικροσκοπία, μια τεχνική στην οποία χρησιμοποιούνται αντισώματα για να ανιχνευτεί η θέση συγκεκριμένων ενδοκυττάριων πρωτεϊνών από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Κλίμακα μπάρας κάτω αριστερά: 100 nm. Πηγή: http://www.quantumconsciousness.org

παράδειγμα της Alzheimer's. Έχει διατυπωθεί ότι η συγκεκριμένη ασθένεια μπορεί να οφείλεται σε διαταραχή της γεωμετρίας των μικροσωληνίσκων, όπου, αντί να μένουν παράλληλοι, συγκρούονται και καταστρέφουν τον νευρώνα, οπότε έτσι χάνεται η μνήμη. Καλή γνώση της λειτουργίας των μικροσωληνίσκων στον εγκέφαλο θα βοηθούσε πιθανώς στην πρόβλεψη όχι μόνο της Alzheimer's αλλά και άλλων νοητικών διαταραχών. Επιπροσθέτως, τα αποτελέσματα στην τεχνολογία θα ήταν πολύ ενδιαφέροντα, καθώς αυτές οι μικροσκοπικές δομές στον εγκέφαλο περιέχουν σύνθετους κώδικες που θα ήταν εξαιρετικά χρήσιμοι στην κατασκευή κβαντικών υπολογιστών.

Η συνείδηση απ'όπου και αν προέρχεται τελικά, είναι αυτή που μας κάνει να εκφράζουμε συναισθήματα, να μην υποκλινόμαστε στην αυθεντία αυστηρών υπολογισμών, να θέτουμε στον εαυτό μας ερωτήματα και να τα ερευνούμε. Όπως γράφει ο Penrose «Τόσο σημαντικό μου φαίνεται το φαινόμενο της συνείδησης που αρνούμαι να πιστέψω ότι αφυπνίζεται κατά τύχη από ένα πολύπλοκο υπολογισμό». Πρόκειται για το φαινόμενο που μας κάνει να θέτουμε ερωτήσεις – Τι συμβαίνει με τον ειρμό της συνείδησης μας μετά τον θάνατο; Πού ήταν ο καθένας μας πριν την γέννησή του; Ποιος είναι ο λόγος που αντιλαμβανόμαστε; Γιατί βρισκόμαστε εδώ; Ίσως τελικά πρόκειται για το φαινόμενο μέσω του οποίου γίνεται γνωστή η ίδια η ύπαρξη του σύμπαντος.



Αριστερά (a): Τυχαίες θέσεις μικροσωληνίσκων χωρίς ηλεκτρικό πεδίο. Δεξιά (b): Ευθυγράμμιση των μικροσωληνίσκων στη διεύθυνση του εξωτερικά εφαρμοζόμενου εναλλασσόμενου ηλεκτρικού πεδίου (210 kV/m , 2 MHz). Οι φωτογραφίες πάρθηκαν με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. (Quantum mechanical aspects of cell microtubules: Science fiction or realistic possibility? – Mavromatos).

Πηγές

1. Το μέρος του άρθρου σχετικά με την περιγραφή των πειραμάτων και τη φύση της κβαντομηχανικής προέρχεται από την εργασία: "Quantum mechanical aspects of cell microtubules: science fiction or realistic possibility?", Nick E Mavromatos, Journal of Physics: Conf. Ser. 306 (2011) 012008, http://iopscience.iop.org/1742-6596/306/1/012008

2. "Orchestrated reduction of quantum coherence in brain microtubules: A model for consciousness", Hameroff S and Penrose R ,Mathematics and Computers in Simulation 40 (3-4), pp. 453-480 1996, http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0378475496804769

3. "A Non-critical String (Liouville) Approach to Brain Microtubules: State Vector reduction, Memory coding and Capacity" , Mavromatos N E and Nanopoulos, International Journal of Modern Physics B, Vol. 11, No. 7 (1997) 851-917 1996, http://arxiv.org/abs/quant-ph/9512021

4.http://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_mind

5.The Role of Quantum Mechanics in Brain Function, interview with Dimitrios Nanopoulos, HARC, http://www.dankalia.com/science/0020222.htm

6.http://www.quantumconsciousness.org/

7.Schrödinger Erwin 1944 What is Life, Cambridge University Press, reprinted 1992

8.Penrose Roger 1989 The Emperor's New Mind , εκδόσεις Γκοβόστη

9.Penrose Roger 1994 Shadows of the Mind, εκδόσεις Γκοβόστη

10.Penrose Roger 1997 The Large, the Small and the Human Mind, εκδόσεις Κάτοπτρο

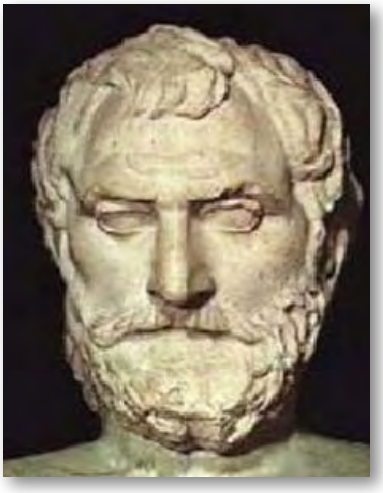
ΑΠΟ ΤΟΝ ΘΑΛΗ ΣΤΟΝ ΑΡΧΙΜΗΔΗ

Γεώργιος Θεοδώρου
Καθηγητής Τμ. Φυσικής

Με το παρόν άρθρο θα κάνω μια αναδρομή στις Θετικές Επιστήμες την περίοδο της Ελληνικής αρχαιότητας. Η περίοδος αυτή αρχίζει με τους Μιλήσιους. Κορυφαίος ήταν ο Θαλής και με αυτόν θα ξεκινήσω. Θα τελειώσω την αναδρομή με τον Αρχιμήδη, ενώ θα δούμε και μερικούς από τους ενδιάμεσους κορυφαίους θετικούς επιστήμονες. Βεβαίως η επιλογή που θα γίνει εκφράζει τις προσωπικές επιλογές του γράφοντος και σίγουρα, τόσο η επιλογή αυτή, όσο και η παρουσίαση, έχει να κάνει με τις προτιμήσεις αυτές.

ΘΑΛΗΣ Ο ΜΙΛΗΣΙΟΣ ~(625 – 545 π.Χ.)

Ο Αριστοτέλης, ανακεφαλαιώνοντας τη συνεισφορά των προγενεστέρων του, λέει ότι ο Θαλής ήταν ο πρώτος που απομακρύνθηκε από το μύθο και τον ξεχώρισε από την επιστήμη. Έτσι ο Θαλής ήταν ο θεμελιωτής των επιστημών της φύσης και της μαθηματικής σκέψης, ιδρυτής της Ιωνικής σχολής της φιλοσοφικής σκέψης, που λέγεται και σχολή της Μιλήτου.



Προτομή του Θαλή

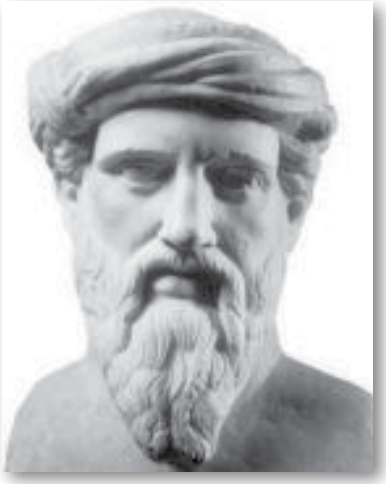
Είναι ένας από τους επτά σοφούς της αρχαίας Ελλάδας. Έχουν γραφτεί γι'αυτόν πολλές βιογραφίες, αλλά η βιογραφία του δεν είναι ο σκοπός του παρόντος άρθρου. Ο Θαλής ήταν αυτός που εισήγαγε την απόδειξη στα μαθηματικά, βασιζόμενη σε αξιώματα. Δεν ήταν όμως μόνο η μαθηματική σκέψη που τον ξεχώριζε. Είχε και μια καταπληκτική ικανότητα να συνδυάζει την παρατήρηση με τη θεωρία. Θεωρείται έτσι θεμελιωτής των Φυσικών Επιστημών.

Δεν άφησε γραπτά· σώζονται μόνο μερικά αποφθέγματα του. Χαρακτηριστική είναι μια ιστορία που λέει ότι, παρατηρώντας τον ουρανό ενώ βάδιζε, έπεσε μέσα σε ένα πηγάδι. Το γεγονός αυτό το χρησιμοποιούσε η Θρακιώτισα δούλη που είχε, για να αστειεύεται μαζί του. Το συμβάν αυτό δείχνει ότι ήταν τόσο απορροφημένος με την επιστήμη του, ώστε δεν είδε το πηγάδι!

Είναι αυτός που ανακάλυψε τον ηλεκτρισμό, τρίβοντας το ήλεκτρο. Επίσης θεμελίωσε τη Φιλοσοφία, για την οποία είπε ότι στόχος της είναι να βρει την αρχή του κόσμου. Παρατήρησε ότι χρειάζεται νερό για να αναπτυχθούν οι σπόροι. Η παρατήρηση αυτή τον οδήγησε στο συμπέρασμα ότι **η αρχή των πάντων είναι το νερό**. Η άποψη δε αυτή είναι κοντά στη σύγχρονη άποψη της βιολογίας που λέει ότι **η ζωή προήλθε από το νερό**. Μια σημαντική επίσης συνεισφορά του Θαλή είναι η έννοια της ομοιότητας, την οποία και διδασκόμαστε από το Γυμνάσιο.

ΠΥΘΑΓΟΡΑΣ ~(570 – 495 π.Χ.)

Αν και την απόδειξη στα μαθηματικά την εισήγαγε ο Θαλής, γενάρχης του μαθηματικού κόσμου θεωρείται ο Πυθαγόρας, ο οποίος ήταν για ένα διάστημα και μαθητής του Θαλή. Μετά και από προτροπή του Θαλή, ο Πυθαγόρας πήγε για σπουδές στην Αίγυπτο. Σε αντίθεση όμως με τον Θαλή, που το έργο του δεν ξεχώριζε τα μαθηματικά από τις φυσικές επιστήμες, ο Πυθαγόρας ήταν αυτός που το έκανε. Στην Κάτω Ιταλία (Κρότωνα) όπου είχε πάει, δημιούργησε μια θρησκευτική ομάδα. Τη θρησκευτική του όμως δρα-



Προτομή του Πυθαγόρα στην οποία εμφανίζεται με ανατολίτικη παρουσίαση για να θυμίζει την εκπαίδευση του στη Αίγυπτο.

στηριότητα θα την αφήσω για πλέον ειδικούς. Θα ασχοληθώ μόνο με τη μαθηματική του συμβολή και με το θεώρημα που φέρει το όνομα του.

Από την Αίγυπτο απεκόμισε πρακτικές γνώσεις στη Γεωμετρία. Η αρχαίοι Αιγύπτιοι είχαν αναπτύξει το πρακτικό μέρος της Γεωμετρίας για λόγους ανάγκης, αφού πλήρωναν φόρους σύμφωνα με την έκταση των κτημάτων τους. Επειδή οι πλημμύρες του Νείλου σκέπαζαν κάθε χρόνο τα κτήματα, με την απόσυρση των υδάτων έπρεπε να ξαναχωρίσουν τη γη. Χρειαζόταν λοιπόν να έχουν ένα σύστημα για να μετράνε σωστά την επιφάνεια της γης. Όπως λέει και το όνομα της, η Γεωμετρία ασχολείται με τη μέτρηση της Γης. **Γεωμετρία είναι η επιστήμη του χώρου.** Δεν

ενδιαφεροταν όμως οι Αιγύπτιοι για τη θεωρητική θεμελίωση της Γεωμετρίας. Το μέρος αυτό το άφησαν για άλλους, π.χ. για τους αρχαίους Έλληνες. Ο πρώτος που συνέβαλε στην ανάπτυξη του θεωρητικού μέρους της Γεωμετρίας ήταν ο Πυθαγόρας.
Ένα χαρακτηριστικό της σχολής του Πυθαγόρα ήταν η μυστικότητα. Οι ακροατές στις διδασκαλίες του δεν επιτρεπόταν να κρατούν σημειώσεις, ούτε να κάνουν ερωτήσεις! Τα μαθηματικά διδασκόταν χωρίς να δίνονται πληροφορίες για την προέλευσή τους. Έτσι τα αξιώματά τους δεν χρειαζόταν να συνδέονται με τις φυσικές επιστήμες. Με την «αφαίρεση» αυτή γεννήθηκαν τα ονομαζόμενα «καθαρά» μαθηματικά, των οποίων γενάρχης θεωρείται ο Πυθαγόρας. Η εύρεση νέων κλάδων των μαθηματικών είναι δύσκολο να γίνει χωρίς τις φυσικές επιστήμες, αλλά από εκεί και πέρα το μόνο που χρειάζεται για την ανάπτυξη των κλάδων είναι η Λογική. Στο στάδιο αυτό μπορούν πλέον να αγνοηθούν οι φυσικές επιστήμες. Με αυτή την προσέγγιση που χρησιμοποίησε ο Πυθαγόρας, διαχωρίστηκαν τα μαθηματικά από τις φυσικές επιστήμες.
Εκτός της Γεωμετρίας, ο άλλος μεγάλος κλάδος των μαθηματικών είναι αυτός της Αριθμητικής. **Ακρογωνιαίος λίθος αυτού του κλάδου είναι ότι υπάρχουν ποσότητες που δεν εξαρτώνται από το χώρο, οπότε ο χώρος μπορεί να αγνοηθεί.** Ένα απλό παράδειγμα είναι το πόσα σχολεία υπάρχουν σε μία πόλη, ανεξάρτητα της θέσης τους. Δηλαδή, διαπραγματεύεται την ποσότητα. **Αριθμητική είναι η επιστήμη της ποσότητας.**
Όσον αφορά όμως τη φύση, **δεν μπορούμε γενικά να αγνοούμε την εξάρτηση από το χώρο**, π.χ. τη θέση ενός σχολείου. Θα πρέπει δηλαδή να αντιμετωπίσουμε τις ποσότητες σε συνδυασμό με **το χώρο**, δηλαδή με τη Γεωμετρία. Πρέπει δε να τονιστεί ότι οι φυσικές επιστήμες, όπως και η μηχανική, ενδιαφέρονται ιδιαίτερα για το χώρο, μια και μελετάνε ποσότητες που συνήθως εξαρτώνται και από αυτόν. Το γεγονός αυτό το εκφράζει και η πλατωνική ρήση «ουδείς αγεωμέτρητος», η οποία δείχνει τη σημασία της Γεωμετρίας.

Η πρακτική Γεωμετρία είχε βρεθεί από τους Αιγύπτιους τουλάχιστον μια χιλιετία νωρίτερα, όμως για τη θεωρητική της θεμελίωση καταλυτικό ρόλο διαδραμάτισε το Πυθαγόρειο θεώρημα. Η πρακτική Γεωμετρία είχε προηγηθεί κατά πολύ της θεωρίας. Παρακάτω θα συναντήσουμε επίσης και την αντίστροφη σειρά και θα δούμε και μερικά επακόλουθα του Πυθαγορείου θεωρήματος.

Το Θεώρημα

Η Γεωμετρία εισάγει μια νέα Αριθμητική, τη «Γεωμετρική Αριθμητική». Θα ασχοληθούμε με τα ανύσματα (υπάρχουν όμως και βαθμωτά μεγέθη και τανυστές). Θα διαπραγματευτούμε γενικά το θέμα αυτό με τις σημερινές μας γνώσεις και όχι της εποχής του Πυθαγόρα.
Όπως αναφέραμε παραπάνω, εξετάζουμε την περίπτωση που η ποσότητα καθορίζεται από ένα άνυσμα, όπως σήμερα εφαρμόζεται στη Φυσική. Έχουμε έτσι ένα "ανυσματικό πεδίο" όπως λέμε σήμερα. Εκείνο όμως που κάνει εμφανή τη διαφορά μεταξύ Γεωμετρίας και κοινής Αριθμητικής, είναι ότι η άθροιση είναι διαφορετική στις δύο αυτές περιπτώσεις. Όπως ξέρουμε από τη Φυσική, η άθροιση γίνεται ανυσματικά. Η άθροιση αυτή πηγάζει από την ακόλουθη σχέση:

$$\boxed{\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}}$$

Η "Αριθμητική" των ανυσμάτων δημιουργεί τον "ανυσματικό λογισμό". Ο δε μετασχηματισμός των ανυσμάτων σε στροφές, οδηγεί στους πίνακες.
Το τετράγωνο του αθροίσματος των ανυσμάτων δίνει τη σχέση, με βάση τις σημερινές μας γνώσεις:

$$c^2 = a^2 + b^2 + 2\vec{a} \cdot \vec{b}$$

Για ορθογώνια αρχικά ανύσματα, $\vec{a} \perp b$, παίρνουμε:

$$\boxed{c^2 = a^2 + b^2}$$

Δηλαδή **τα τετράγωνά των, αθροίζονται με το γνωστό τρόπο της αριθμητικής** και όχι ανυσματικά. Το θεώρημα αυτό παρουσιάζεται με εποπτικό τρόπο με το ορθογώνιο τρίγωνο, με τη χρήση του οποίου και διδάσκεται στο Γυμνάσιο. Επίσης, με τη σύνδεση αυτή, ο ανυσματικός λογισμός ενοποιείται με τον απειροστικό λογισμό και χρησιμοποιείται ο ενιαίος τίτλος της "Μαθηματικής Ανάλυσης". Μια άλλη σχέση σύνδεσης της επίπεδης Γεωμετρίας (όχι όμως της σφαιρικής) με την Αριθμητική, είναι ότι το άθροισμα των γωνιών ενός τριγώνου είναι 180 μοίρες.

Ευκλείδεια Γεωμετρία

Η γενίκευση του Πυθαγορείου θεωρήματος σε τυχαίες διαστάσεις αποτελεί τη βάση της θεωρητικής θεμελίωσης της Γεωμετρίας. Βασική υπόθεση είναι ότι έχουμε τη δυνατότητα ανάπτυξης κάθε ανύσματος, σε μία βάση του χώρου. Τη βάση αυτή τη προσδιορίζουμε με τα ανύσματα $\{\hat{e}^i\}$, τα οποία δεχόμαστε ότι ικανοποιούν τη σχέση:

$$\hat{e}^i \cdot \hat{e}^j = \delta_{ij}$$

Παραλείποντας μαθηματικές λεπτομέρειες, υποθέτουμε ότι η βάση αυτή είναι **πλήρης**, όπως συνάγεται από τα παραπάνω, και επομένως μπορούμε να αναπτύξουμε κάθε άνυσμα του χώρου και να έχουμε:

$$\vec{c} = \sum_j a_j \hat{e}^j$$

Διαπραγματευόμαστε πραγματικό χώρο. Έτσι οι ποσότητες $\{a_j\}$ είναι πραγματικοί αριθμοί. Παίρνοντας το τετράγωνο της σχέσης αυτής, έχουμε:

$$\boxed{c^2 = \sum_j a_j^{\,2}}$$

Ήτοι, η ανάλυση ενός ανύσματος σε άξονες γίνεται με γεωμετρικό τρόπο, **όμως το τετράγωνο του μήκους του ανύσματος αυτού, βάση του προηγούμενου αποτελέσματος, πρέπει να ισούται με το άθροισμα των τετραγώνων των μηκών των ανυσμάτων στα οποία αναλύεται. Αυτό είναι το γενικευμένο Πυθαγόρειο θεώρημα, και είναι μια σχέση πληρότητας**. Ο Γεωμετρικός χώρος που ικανοποιεί το κριτήριο αυτό, ορίζεται ως **η Ευκλείδεια Γεωμετρία**. ***Η ισχύς του γενικευμένου Πυθαγόρειου θεωρήματος ορίζει την Ευκλείδεια Γεωμετρία.*** Τονίζεται ότι υπάρχουν διάφοροι τρόποι ορισμού της Ευκλείδειας Γεωμετρί-

ας. Στον παραπάνω χρησιμοποιείται το Πυθαγόρειο θεώρημα.
Τα φυσικά φαινόμενα λαμβάνουν χώρα, σχεδόν όλα, στον Ευκλείδειο χώρο. Στο χώρο αυτό επίσης είναι βασισμένες όλες σχεδόν οι θεωρίες της Φυσικής. Όλοι όμως οι κανόνες έχουν και τις εξαιρέσεις τους! Χρειάστηκαν πάνω από 2000 χρόνια για να βρεθούν αυτές.

Η ακολουθία

Στο Πυθαγόρειο θεώρημα, στη βασική του μορφή, έχουμε το άθροισμα των τετραγώνων των δύο καθέτων πλευρών ενός ορθογωνίου τριγώνου, που ισούται με το τετράγωνο της υποτείνουσας. Τη σχέση αυτή μπορούμε να την αξιοποιήσουμε για να δημιουργήσουμε μια ακολουθία αριθμών με τον εξής τρόπο: με δοσμένους δύο θετικούς αριθμούς, υπολογίζουμε το τετράγωνο της υποτείνουσας ενός ορθογωνίου τριγώνου που έχει πλευρές που το μήκος τους καθορίζεται από αυτούς τους αριθμούς. Έπειτα, με την υπολογισθείσα υποτείνουσα και την μεγαλύτερη ορθογώνια πλευρά του αρχικού τριγώνου, φτιάχνουμε ένα νέο ορθογώνιο τρίγωνο και υπολογίζουμε το τετράγωνο της υποτείνουσας του, κ.ο.κ. Με αυτό τον τρόπο δημιουργούμε την ακολουθία:

$$x^2,\ y^2\ (> x^2),\ x^2+y^2,$$
$$x^2+2y^2,\ 2x^2+3y^2,\ldots$$

Η αναδρομική σχέση των όρων της ακολουθίας αυτής είναι:

$$c_n = c_{n-1} + c_{n-2}$$

Χρυσός λόγος

Για αυτήν την ακολουθία ικανοποιείται η οριακή σχέση για ισότητα των σχετικών μεταβολών, και έχουμε:

$$\frac{c_n}{c_{n-1}} = \frac{c_{n-1}}{c_{n-2}},\ \ n \to \infty .$$

Από την αναδρομική σχέση προκύπτει ότι:

$$c_{n-2} = a,\ \ c_{n-1} = b,$$
$$\Rightarrow c_n = a + b$$

Οπότε παίρνουμε την οριακή σχέση:

$$\frac{a+b}{b} = \frac{b}{a}.$$

Η εξίσωση αυτή δίνει:

$$\varphi = \frac{b}{a} = \frac{1+\sqrt{5}}{2},$$

που ονομάζεται **χρυσός λόγος** και τον οποίο βρήκαν οι Πυθαγόρειοι. Την σχέση αυτή μπορούμε επίσης να την χρησιμοποιήσουμε για να χωρίσουμε ένα ευθύγραμμο τμήμα μήκους $a+b$, σε δύο μέρη μήκους a και b, με λόγο που καθορίζει ο παραπάνω χρυσός λόγος. Ο λόγος αυτός δηλώνεται με το φ, προς τιμή του Φειδία, και χρησιμοποιείται ευρέως στην αρχιτεκτονική, όπως έγινε στον Παρθενώνα. *(Σημ. σύνταξης: Βλ. και άρθρο για το βραβείο Nobel Χημείας 2011, στο «Φαινόμενον», τεύχος 14, Δεκ. 2011.)*

Επιλογή της αρχής και της κλίμακας

Μπορούμε να επιλέξουμε την αρχή έτσι ώστε $x = 0$. Επίσης επιλέγουμε την κλίμακα ώστε ο δεύτερος όρος να ισούται με τη μονάδα, δηλαδή $y = 1$. Με την επιλογή αυτή έχουμε την ακολουθία αριθμών:

$$0, 1, 1, 2, 3, \ldots$$

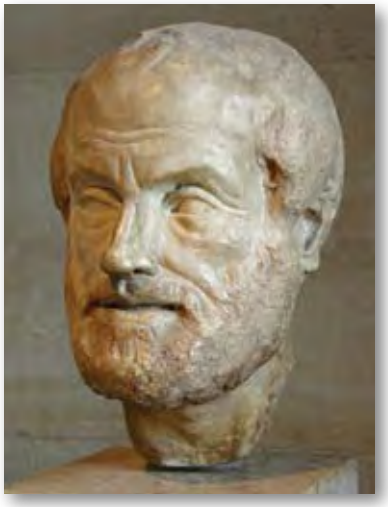
που ονομάζεται ακολουθία Fibonacci.

Τα πάντα είναι αριθμός

Η άποψη των Πυθαγορείων ήταν ότι: «**Τα πάντα είναι αριθμός**». Μια άποψη που υιοθέτησε και ο Πλάτωνας. Με βάση το Πυθαγόρειο θεώρημα φτιάχτηκε μια αναδρομική ακολουθία, που οι μελλοντικές καταστάσεις προσδιορίζονται μονοσήμαντα από τις παλιές. Μια σύγχρονη εκδοχή της άποψης αυτής μπορεί να αποδοθεί με το ότι, με καθορισμένες τις αρχικές συνθήκες, οι μελλοντικές καταστάσεις του συστήματος είναι μονοσήμαντα καθορισμένες. Δεν υπάρχει δηλαδή αβεβαιότητα στις μελλοντικές καταστάσεις.
Πέρα δε του ότι η επόμενη κατάσταση προσδιορίζεται μονοσήμαντα, υπάρχει επίσης και μονοσήμαντο όριο για το λόγο. Την εποχή του Πυθαγόρα, η ανακάλυψη ότι υπάρχει στα μαθηματικά τιμή (**οριακή**) που είναι παγκόσμια σταθερά, ήταν μια πολύ σημαντική και πρωτοποριακή ανακάλυψη. Σήμερα γνωρίζουμε πολλές παγκόσμιες σταθερές στα μαθηματικά. Έτσι με το εύρημα αυτό ο Πυθαγόρας αντικατέστησε το φυσικό στοιχείο του Θαλή, απ' το οποίο πηγάζουν τα άλλα, με τον παγκόσμιο αριθμό που στο όριο όλα πηγαίνουν.

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ (384 – 322 π.Χ.)

Ενδεχομένως να τεθεί το δίλημμα



Προτομή του Αριστοτέλη στο Λούβρο

ότι ο Αριστοτέλης ήταν **φιλόσοφος**, αν και από την **πρακτική** σκοπιά. Γιατί λοιπόν εντάσσεται και στη κατηγορία των **θετικών** επιστημόνων; Όμως η κορυφαία του συμβολή ήταν η **Λογική**, που σύμφωνα με τον Ηράκλειτο ~(540-480 π.Χ.) είναι ο **θεμελιώδης** νόμος της φύσης. Και με την ανάπτυξη της Μαθηματικής Λογικής, η οποία ανήκει στις θετικές επιστήμες, ο Αριστοτέλης εντάσσεται σε μεγάλο βαθμό σε αυτές. ***Ο Αριστοτέλης οργάνωσε τον τρόπο σκέψης σε επιστήμη, τη Λογική, που είναι η βάση της ανθρώπινης σκέψης.***
Με αυτό το σκεπτικό, η συμβολή του Αριστοτέλη στις **θετικές** επιστήμες ήταν καθοριστική, αν και άργησε να φανεί! Μέχρι τον 19ο αιώνα η Λογική αναπτυσσόταν **μόνο** με τον παραδοσιακό τρόπο, αλλά από τον 19ο αιώνα άρχισε να αναπτύσσεται και η **Μαθηματική Λογική**, η οποία έχει κάνει σημαντικές προόδους. Στόχος αυτού του κλάδου είναι να αναπτυχθούν τα μαθηματικά από τα αξιώματα τους ως **εφαρμογή της Λογικής**.
Ο Αριστοτέλης συνέβαλε ουσιαστικά στην ανάπτυξη της Αριθμητικής.

Γενικά μπορούμε να πούμε ότι ο Πυθαγόρας συνδέεται με θεμελιώδη θέματα της Γεωμετρίας, ενώ ο Αριστοτέλης με θεμελιώδη θέματα της Αριθμητικής. Ο σχολιασμός της Λογικής έχει γίνει σε ξεχωριστό μου άρθρο («Φαινόμενον», τεύχος 13, Οκτ. 2011) και για το λόγο αυτό θα αναφερθώ μόνο στην «**αριθμητική**» της Μαθηματικής Λογικής.

Η «αριθμητική» της Μαθηματικής Λογικής

Η «αριθμητική» της Μαθηματικής Λογικής είναι διαφορετική από την κοινή αριθμητική. Αυτό όμως πρωτίστως σημαίνει ότι υπάρχουν δύο κομμάτια της αριθμητικής. Ένα εύκολο παράδειγμα τέτοιας συμπεριφοράς είναι αυτό του δειγματολογίου από την αποθήκη. Συνοπτικά αναφέρω ότι η «αριθμητική του δειγματολογίου» είναι όπως η αριθμητική της Μαθηματικής Λογικής, ενώ η «αριθμητική της αποθήκης» είναι η κοινή αριθμητική. Η πρώτη διαπραγματεύεται τα διαφορετικά είδη, ενώ η δεύτερη τη πληθώρα που υπάρχει σε κάθε είδος. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι στην πρώτη περίπτωση δεν υπάρχει πολλαπλότητα. Η αριθμητική αυτή είναι επίσης ισοδύναμη με την αριθμητική των μαθηματικών συνόλων. Από μαθησιακής σκοπιάς θα έλεγε κανείς ότι είναι απλούστερη από τη κοινή αριθμητική. **Είναι τόσο απλή που την ξέρουν όλοι!** Φυσικά και στη περίπτωση αυτή μπορεί να παρουσιαστεί η «αξιωματική» θεωρία συνόλων. Η αξιωματική όμως θεωρία συνόλων δεν μπορεί να διδαχθεί στο Δημοτικό. Θα πρέπει να διδαχθεί όπου και η αξιωματική αριθμητική.

Τα μαθηματικά της Μαθηματικής Λογικής έχουν πρωτίστως να κάνουν με το προτασιακό λογισμό, και τους πίνακες αλήθειας. Σε πιο σύνθετα θέματα, διαπραγματεύεται τόσο τη θεωρία υπολογισμών, όσο και τη πολυπλοκότητα.

Για να κάνω μια ιστορική αναδρομή στον Αριστοτέλη, αναφέρω ότι όταν έφυγε από την Αθήνα, πήγε στη Λέσβο όπου ασχολήθηκε και με τη Βιολογία, και έφτιαξε ένα «δειγματολόγιο» των θαλάσσιων οργανισμών. Είναι φανερό ότι ο διαχωρισμός αυτός δεν είναι τίποτε άλλο από την ταξινόμηση των ειδών σε ομάδες (κάτι που ο Αριστοτέλης έκανε και σε άλλες περιπτώσεις). Έτσι ο Αριστοτέλης έκανε τη ταξινόμηση των ειδών αυτών, η οποία δεν θα πρέπει να συγχέεται με τη καταγωγή των ειδών. Το δεύτερο θέμα αρχικά το διαπραγματεύτηκε ο Θαλής (όμως και οι δύο περιπτώσεις προήλθαν από τη Βιολογία). Γίνεται λοιπόν φανερό ότι τα μαθηματικά σύνολα έχουν τις επιστημονικές τους ρίζες στον Αριστοτέλη, των οποίων όμως η συστηματική μαθηματική ανάπτυξη ξεκίνησε τον 19ο αιώνα.

Σύμφωνα με το προτασιακό Λογισμό, μια πρόταση είναι είτε αληθής, είτε ψευδής. Μπορούμε να αποδώσουμε τη τιμή 1 για την αληθή, και την τιμή 0 για την ψευδή. Οι δυνατές τιμές του πίνακα αλήθειας Α δίνονται παρακάτω:

A
0
1

Όσες φορές και να επαναλάβουμε τον έλεγχο θα βρούμε το ίδιο αποτέλεσμα, (υποτίθεται ότι δεν κάνουμε λάθος) και σύμφωνα με τη Μαθηματική Λογική αυτό ισοδυναμεί με τη σχέση:

$$A \wedge A ... \wedge A = A$$

Σαν παράδειγμα μπορούμε να αναφέρουμε το διαδοχικό μέτρημα του περιεχομένου ενός χαρτοφυλακίου, που γίνεται χωρίς σφάλμα, όπου η διαδοχική δράση του τελεστή μέτρησης δίνει το ίδιο αποτέλεσμα.

Μια άλλη περίπτωση μπορεί να αφορά τη δράση διαφορετικών ελέγχων. Σύμφωνα δε με την αριθμητική της Μαθηματικής Λογικής, ο πίνακας αυτός αναφέρεται στον συνολικό έλεγχο $A \vee B$, και ορίζεται ίσος με τη μονάδα όταν τουλάχιστον ένας έλεγχος δίνει το σωστό αποτέλεσμα:

A	B	$A \vee B$
1	1	1
1	0	1
0	1	1
0	0	0

Ως ένα παράδειγμα της περίπτωσης αυτής μπορεί να αναφερθεί η περίπτωση της αλλαγής ελαστικών στους τροχούς ενός αυτοκινήτου: Αυτή γίνεται ή όταν αυτά έχουν φθαρεί, ή όταν η ζωή τους έχει ξεπεράσει ορισμένα χρόνια, όποιο από τα δύο έρθει πρώτο. Με 1 δηλώνεται ότι ο έλεγχος για την αλλαγή των ελαστικών είναι θετικός, και με 0 όταν αυτός είναι αρνητικός. Επισημαίνω δε ότι η περίπτωση αυτή είναι διαφορετική από τη περίπτωση του δυαδικού συστήματος, όπου τα μεν ψηφία είναι επίσης 0 και 1, όμως στο δυαδικό σύστημα μπορούμε να κρατήσουμε και «δεκάδες».

Η αριθμητική αυτή συνάγεται από τα γραφόμενα του Αριστοτέλη για τα είδη, προβάλλεται δε ιδιαίτερα με τη Μαθηματική Λογική στα πλαίσια της οποίας και αναπτύσσεται συστηματικά. Αναφέρεται επίσης και **η Αριθμητική Peano**, που ονομάστηκε έτσι προς τιμή του Ιταλού μαθηματικού G. Peano (1858-1932). Ο τίτλος του σχετικού του βιβλίου είναι «Arithmetices principia, nova methodo exposita» και δημοσιεύτηκε το 1889. Οι ενδιαφερόμενοι να μελετήσουν την αριθμητική αυτή μπορούν να απευθυνθούν στη σχετική βιβλιογραφία. Οι ποσότητες που ακολουθούν την παραπάνω αριθμητική, υπακούουν στην **Άλγεβρα Boole**, και μπορούν να παρουσιαστούν και με **αλγεβρικό τρόπο**.

ΕΥΚΛΕΙΔΗΣ (~ 300 π.Χ.)

Η Γεωμετρία που αναφέραμε παραπάνω συνοψίστηκε, και θεμελιώθηκαν οι υπαρκτές γνώσεις της εποχής εκείνης, επί τη βάση μερικών αξιωμάτων, από τον Ευκλείδη, στο διασημότερο βιβλίο των μαθηματικών, τα «Στοιχεία». Με τη σύνοψη αυτή, γίνεται η πρώτη συστηματική ανάπτυξη των μαθηματικών, στη βάση μερικών κανόνων που θεωρούνται αυταπόδεικτοι (αξιώματα) και κανόνων της Λογικής. Το βιβλίο αυτό εξέφραζε τις τότε γνώσεις στη Γεωμετρία και χρησιμοποιείτο σαν διδακτικό εγχειρίδιο για πολλούς αιώνες.

Για την ιστορία επίσης αναφέρεται ότι ο Πτολεμαίος Α΄ ζήτησε από τον Ευκλείδη να του γράψει ένα σύντομο κείμενο για τη Γεωμετρία, για να το μελετήσει. Ο Ευκλείδης τότε του απάντησε ότι: «**Δεν υπάρχει βασιλική οδός στη Γεωμετρία**». Αυτή έγινε έκτοτε η κλασική φράση για να λεχθεί ότι η πραγματικότητα είναι διαφορετική από αυτό που επιθυμούμε.

ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ (287-212 π.Χ.)

Ο Αρχιμήδης ήταν ο μεγαλύτερος από τους μαθηματικούς, φυσικούς και μηχανικούς της αρχαίας Ελλάδας. Γεννήθηκε, έζησε, και πέθανε στις Συρακούσες. Ο Αρχιμήδης είναι επίσης αυτός που ανέπτυξε συστηματικά τη σύνδεση μεταξύ των παραπάνω κλάδων.

Το έργο του Αρχιμήδη υπήρξε τεράστιο και κάλυψε πολλούς τομείς: Γεωμετρία, Οπτική, Υδραυλική, Μηχανική, Αρχιτεκτονική, την πολιορκητική, κ.α. Είναι δε γνωστός ο νόμος της άνωσης που βρέθηκε από αυτόν. Η λύση περίφημων μαθηματικών προβλημάτων, προβλημάτων της Φυσικής, καθώς και η εφεύρεση αμυντικών μηχανών που χρησιμοποιήθηκαν όταν οι Ρωμαίοι πολιορκούσαν την πατρίδα του, τις Συρακούσες, έγινε από αυτόν. Ενδεικτικά αναφέρεται ο συνδυασμός κατόπτρων που έφτιαξε για να καίει τα πλοία των Ρωμαίων, χρησιμοποιώντας τις ακτίνες του ήλιου. Συνέδεσε το όνομά του με τη γέννεση στην αρχαία Ελλάδα του κλάδου της Μηχανικής.

Προσέφερε τις γνώσεις του για την άμυνα της πατρίδας του. Είναι δε ευρέως γνωστός ο τρόπος θανάτου του, με την είσοδο των Ρωμαίων στη πόλη. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι είχε αφοσιωθεί στην επιστήμη του σε τέτοιο βαθμό, ώστε παραμελούσε ακόμη και τον εαυτόν του. Μπορεί γενικά να λεχθεί ότι οι κορυφαίοι προγενέστεροί του είχαν ρόλο και στη διαμόρφωση των μαθηματικών και φυσικών επιστημών, ο δε Αρχιμήδης ήταν κορυφαίος στη συστηματική τους ανάπτυξη. Έχουν γι' αυτόν γραφεί πολλά, και δεν είναι αυτός ο σκοπός του παρόντος άρθρου. Παρακάτω δείχνεται μόνο μια εικόνα που αναπαριστά τη «συνάντησή» του με τον Ρωμαίο στρατιώτη.

ΜΕΡΙΚΑ ΜΕΤΑΓΕΝΕΣΤΕΡΑ

Η παραβίαση του γενικευμένου Πυθαγορείου θεωρήματος συνεπάγεται μη-Ευκλείδεια Γεωμετρία. Επομένως, είναι πολύ σημαντικό να διερευνηθούν στη φύση τυχόν παραβιάσεις του γενικευμένου Πυθαγορείου θεωρήματος.

Είδαμε παραπάνω ότι η αρχέγονη προσέγγιση είναι να προσδιορίζεται πρώτα πειραματικά η συμπεριφορά της φύσης και μετά να βρίσκονται τα απαραίτητα μαθηματικά για την περιγραφή της. Η προσέγγιση αυτή είναι γενικά χρονοβόρα. Η επόμενη προσέγγιση είναι να γίνεται μια επιλογή στα μαθηματικά αξιώματα και να βρίσκονται οι συνέπειές τους, ενώ στο μέλλον μπορεί να βρεθεί η σύνδεσή τους με τη φύση. Έτσι αυτό αρχικά αποτελεί ένα μαθηματικό πρόβλημα, το οποίο ενδέχεται να αποκτήσει αντίκρισμα και στην περιγραφή της φύσης. Όταν δε η επιλογή αυτή των αξιωμάτων έχει γίνει με μεγαλοφυή τρόπο, αναμένεται ότι αργότερα θα βρεθεί ότι αυτά είναι συμβατά με τη συμπεριφορά της φύσης. *Η σύνδεση με τη φύση είναι σημαντικό επίτευγμα. Δεν αναμένεται όμως ότι με τη προσέγγιση των μαθηματικών θα βρεθούν όλες οι περιπτώσεις που υπάρχουν στη φύση.* Σύμφωνα με ένα σχόλιο του Mandelbrot (1924-2010): *Nature has played a joke on the mathematicians. The 19th-centure mathematicians may have been lacking in imagination, but Nature was not.* Επίσης ένα σχόλιο του R. Tom (1923-2002): *But, at any instant, mathematicians have only an incomplete fragmentary vision of the world of Ideas.*

Αναφέρω επιλεκτικά μερικές νεώτερες συνεισφορές.

Μη-Ευκλείδειες Γεωμετρίες

Το τετράγωνο της διαφορικής απόστασης μεταξύ απειροστά γειτονικών σημείων, με κατάλληλα επιλεγμένους άξονες, είναι:

$$(ds)^2 = \sum_i (dx_i)^2 .$$

Η σχέση αυτή είναι το γενικευμένο Πυθαγόρειο θεώρημα. Στη περίπτωση δε αυθαίρετης επιλογής αξόνων, θα έχουμε μια μετρική που θα είναι «θετικά ορισμένη».

Θα μπορούσε να γίνει η γενίκευση: οι όροι του δεύτερου μέρους, **μόνο αθροίζονται**; Θα μπορούσε να υπάρχει η περίπτωση όπου μερικοί όροι να **αφαιρούνται**; Βέβαια το τελικό ερώτημα είναι, **υπάρχει τέτοια περίπτωση στη φύση**; Για να μπορέσει να γίνει αυτό, θα πρέπει να διαφοροποιείται το πρόσημο της μιας ομάδας από αυτό της άλλης. Τονίζεται ότι συνεχίζουμε να διαπραγματευόμαστε την περίπτωση που έχουμε τετραγωνικούς όρους.

Οι περιπτώσεις αυτές αποτελούν τις μη-Ευκλείδειες γεωμετρίες και είχαν μελετηθεί από τους μαθηματικούς τον 19ο αιώνα. Έμενε όμως να απαντηθεί το εάν έχουν αντίκρισμα στη φύση. Το θεμελιώδες αυτό ερώτημα απαντήθηκε στη Σχετικότητα, όπου ισχύει:

$$(ds')^2 = (dx)^2 + (dy)^2 + \\ +(dz)^2 - c^2(dt)^2$$

Σε αυτή τη σχέση, το μέρος των χωρικών συντεταγμένων δίνει διαφορικά των οποίων αθροίζονται τα τετράγωνα, ενώ η χρονική συντεταγμένη διαφοροποιείται και έχει διαφορικό, το τετράγωνο του οποίου έχει αρνητικό πρόσημο. Είναι προφανές ότι η σχέση αυτή παραβιάζει το γενικευμένο Πυθαγόρειο θεώρημα. Από τα παραπάνω συνάγεται επίσης ότι $(ds)^2 \geq (ds')^2$ (ανισότητα Bessel).

Στην περίπτωση που στο δεύτερο μέρος υπάρχουν μόνο τα διαφορικά των χωρικών συντεταγμένων, τότε έχουμε τη περίπτωση της Νευτώνειας Μηχανικής. Όμως η Γεωμετρία αυτή δεν καλύπτει φαινόμενα που παρουσιάζονται σε μεγάλες ταχύτητες, όπου ο χώρος και ο χρόνος δεν μπορούν να διαχωριστούν. Η Ευκλείδεια γεωμετρία δεν είναι κατάλληλη για τη Σχετικότητα.

Πρέπει να αναφερθεί ότι στόχος του Einstein ήταν η ερμηνεία των πειραματικών δεδομένων. Η ερμηνεία αυτή έδωσε μη-Ευκλείδεια Γεωμετρία. Τίθεται επίσης το ερώτημα εάν υπάρχει φυσικός χώρος με $|\vec{v}| > c$, και ποιες φυσικές καταστάσεις υπάρχουν στο χώρο αυτό. Τελικά: ***Ο τετραδιάστατος χώρος της Σχετικότητας είναι σε μη-Ευκλείδεια Γεωμετρία.*** Η περίπτωση της Σχετικότητας, βρέθηκε αρχικά σε αστρικό επίπεδο.

Θεωρήματα
Μη-πληρότητας Gödel

Είχαμε συνηθίσει ότι η πληρότητα στον Γεωμετρικό χώρο είναι δεδομένη (με βάση την Ευκλείδεια Γεωμετρία, δηλαδή την ισχύ του γενικευμένου Πυθαγορείου θεωρήματος). Έτσι η εύρεση ότι αυτή δεν ισχύει πάντα αποτελεί επίτευγμα. Πληρότητα της βάσης στο Γεωμετρικό χώρο σημαίνει ότι ένα τυχαίο άνυσμα του χώρου μπορεί να αναπτυχθεί στη βάση αυτή. Όταν δεν υπάρχει πληρότητα της βάσης, τότε αυτό δεν μπορεί να εξασφαλιστεί. Σημειώνω ότι τα θεωρήματα μη-πληρότητας, όπου ισχύουν, συνεπάγονται ότι πλήρης βάσης **δεν υπάρχει.**
Η έλλειψη πληρότητας διαδραματίζει σημαντικό ρόλο και στη Μαθηματική Λογική στην οποία αποδείχθηκαν από τον Gödel (1906-1978) δύο θεωρήματα μη-πληρότητας. Τα θεωρήματα αυτά αποτελούν σταθμό στη Μαθηματική Λογική, και γενικά συνεπάγονται ότι είναι **αδύνατο** να βρεθεί ένα πλήρες σύνολο μαθηματικών αξιωμάτων που να μπορεί να διερευνήσει όλες τις προτάσεις. Δηλαδή μπορεί να έχουμε μια σωστή πρόταση που όμως να μην μπορούμε να την αποδείξουμε με βάση τα αξιώματα που έχουμε βάλει. Για όσους ενδιαφέρονται για τα σχετικά θέματα, μπορούν να απευθυνθούν στη αντίστοιχη βιβλιογραφία.

Μορφοκλασματική Γεωμετρία

Η παρούσα περίπτωση αναφέρεται σε στοχαστικές μεταβλητές. Αντί δηλαδή να έχουμε άθροισμα στις ανεξάρτητες συντεταγμένες ενός ανύσματος, έχουμε άθροισμα σε ανεξάρτητες στοχαστικές μεταβλητές. Οπότε, αντί να έχουμε το συνηθισμένο γεωμετρικό χώρο, έχουμε ένα χώρο από τις ανεξάρτητες στοχαστικές μεταβλητές. Αντικαθιστούμε δε το μήκος ενός ανύσματος, με το «σημαντικό» εύρος της κατανομής. Γίνεται έτσι η διερεύνηση του σημαντικού εύρους του αθροίσματος:

$$y_n = x_1 + x_2 + ... + x_n = \sum_i x_i .$$

Εξετάζουμε ειδικά την περίπτωση όπου οι κατανομές των μεταβλητών αυτών είναι οι συμμετρικές **ευσταθείς** κατανομές. Βρέθηκε ότι ο μετασχηματισμός Fourier των συμμετρικών ευσταθών κατανομών δίνεται από τη σχέση:

$$P(k) \propto e^{-\gamma\,|k|^{\alpha}} ,$$

με $\gamma > 0$, και $0 < \alpha \leq 2$. Εξετάζουμε το «σημαντικό» εύρος μιας στατιστικής κατανομής το οποίο ορίζεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρχει στο όριο, και όταν η κατανομή αυτή δεν έχει ροπές, ήτοι ορίζεται ίσο με:

$$\delta \equiv \lim_{\nu \to 0} \left(<| x |^{\nu}> \right)^{1/\nu}$$

Όσον αφορά την περίπτωση των **συμμετρικών** ευσταθών κατανομών, βρίσκεται ότι το «εύρος» τους δ ικανοποιεί τη σχέση:

$$(\delta)^{\alpha} \propto \gamma$$

Η περίπτωση που μελετάμε αφορά την περίπτωση όπου όλες οι στοχαστικές μεταβλητές έχουν κατανομές με το ίδιο α, αλλά μπορούν να έχουν διαφορετικό γ. Επίσης, στην περίπτωση του αθροίσματος ανεξάρτητων μεταβλητών, ο μετασχηματισμός Fourier του αθροίσματος ισούται με το γινόμενο των επιμέρους μετασχηματισμών. Εφόσον η παράμετρος α παραμένει η ίδια, η σταθερά γ στο μετασχηματισμό Fourier του αθροίσματος ανεξάρτητων μεταβλητών ισούται με το άθροισμα των επιμέρους σταθερών, και συνεπάγεται τη σχέση για το συνολικό εύρος:

$$\boxed{(\Delta_{\sigma\upsilon\nu o\lambda.})^{\alpha} = \sum_i (\delta_i)^{\alpha}}$$

με $0 < \alpha \leq 2$. Δηλαδή, έχουμε την άθροιση με τα εύρη για τις επιμέρους κατανομές, δ_i, να υψώνονται στη **δύναμη *α***.
Όταν το *α* έχει τη τιμή 2, τότε έχουμε μια σχέση αντίστοιχη του Πυθαγόρειου θεωρήματος, και ο χώρος αντιστοιχεί στον Ευκλείδειο. Όταν όμως *α < 2*, τότε ***δεν*** ισχύει το «Πυθαγόρειο θεώρημα» για τις ανεξάρτητες αυτές στοχαστικές μεταβλητές, και ο χώρος λέγεται μορφοκλασματικός. Σημειώστε, ότι στην περίπτωση αυτή δεν έχουμε πλέον άθροισμα τετραγωνικών όρων. ***Το Κεντρικό Οριακό Θεώρημα των πιθανοτήτων επιβάλει α = 2.*** Η δε μορφοκλασματική περίπτωση, δίνει μια περίπτωση «μη-Ευκλείδειας» Γεωμετρίας που είναι **εύκολα προσιτή** (αρκεί να πάει κανείς στη Wall Street!). ***Η παραβίαση της περίπτωσης α = 2 σε στοχαστικά συστήματα, αρχικά βρέθηκε στα χρηματο-οικονομικά.***

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Ένα καίριο ερώτημα που τίθεται είναι σε ποιο Γεωμετρικό χώρο λαμβάνουν χώρα τα φυσικά φαινόμενα, και αν είναι αυτός μοναδικός. Η χρονικά πρώτη απάντηση που δόθηκε ήταν στον Ευκλείδειο χώρο, που ορίζεται από την ισχύ του γενικευμένου Πυθαγορείου θεωρήματος (δηλαδή του Πυθαγορείου θεωρήματος σε τυχαίες διαστάσεις). Η άποψη αυτή αμφισβητήθηκε. **Πρώτα οι μαθηματικοί πρόβαλαν την άποψη ότι υπάρχουν και άλλοι γεωμετρικοί χώροι, οι μη-Ευκλείδειοι. Οι χώροι αυτοί βρέθηκαν με τη Σχετικότητα.**
Θέλω δε να επισημάνω ότι η ύπαρξη πληρότητας διαδραματίζει καταλυτικό ρόλο στην εύρεση των παραπάνω συμπερασμάτων. Έχει επίσης αυτή σημαντικό ρόλο και στη Μαθηματική Λογική. Βρέθηκε επίσης στα χρηματο-οικονομικά, η μορφοκλασματική Γεωμετρία.
Τέλος, θέλω να τονίσω τη συμβολή του Αριστοτέλη στο να χωριστεί η Αριθμητική σε περισσότερα (σε δύο) κομμάτια. Ο Αριστοτέλης είναι αυτός που εισήγαγε καινούργιες μαθηματικές οντότητες που οδήγησαν στα μαθηματικά σύνολα. Η «αριθμητική» τους είναι και η «αριθμητική» της Μαθηματικής Λογικής.
Στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές η αριθμητική αυτή διαδραματίζει ένα σημαντικό ρόλο, και ο Αριστοτέλης γίνεται **επίκαιρος** όσο ποτέ. Θέλω δε να τονίσω ότι ο **πρακτικός** τρόπος διδασκαλίας της Αριθμητικής των συνόλων, είναι ευκολότερος της πρακτικής Αριθμητικής, και πρέπει να είναι αυτός η πρώτη προσέγγιση.

ΣΥΝΕΒΗΣΑΝ ΣΤΟ ΤΜΗΜΑ

Τελετή ορκωμοσίας πτυχιούχων

Στις 20-12-2011 πραγματοποιήθηκε τελετή ορκωμοσίας νέων πτυχιούχων του Τμήματος Φυσικής στην αίθουσα τελετών του ΑΠΘ. Στους νέους πτυχιούχους και τις οικογένειές τους απηύθυναν χαιρετισμό ο Κοσμήτορας της Σχολής Θετικών Επιστημών καθηγητής Σπ. Παυλίδης και ο Πρόεδρος του Τμήματος Φυσικής αναπλ. καθηγητής Θ. Λαόπουλος.

Οι Νεοι Πτυχιουχοι του Τμηματος Φυσικης 20.12.2011

ΑΝΔΡΙΑΝΑΚΗ	ΓΕΩΡΓΙΑ
ΒΑΣΙΛΕΙΑΔΗΣ	ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ
ΔΑΛΙΔΟΥ	ΚΡΥΣΤΑΛΙΑ
ΔΑΛΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ	ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
ΕΥΑΓΓΕΛΟΥΔΗ	ΚΥΡΙΑΚΗ
ΘΕΟΦΑΝΟΥΣ	ΕΙΡΗΝΗ
ΚΑΡΑΜΠΑΤΕΑ	ΑΠΟΣΤΟΛΙΑ
ΚΑΡΠΙΚΟΥΔΗΣ	ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΟΥ	ΣΤΑΥΡΟΥΛΑ

ΜΥΡΩΤΗΣ	ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΝΤΙΝΟΣ	ΧΡΗΣΤΟΣ
ΠΑΥΛΙΔΗΣ	ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ
ΠΟΛΙΤΗΣ	ΑΧΙΛΛΕΑΣ
ΡΕΤΣΑ	ΧΡΥΣΟΥΛΑ
ΣΕΝΤΕΡΗΣ	ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ
ΣΤΑΜΑΤΟΓΛΟΥ	ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ
ΦΕΚΑΣ	ΗΛΙΑΣ

Η καθιερωμένη ομαδική φωτογραφία των νέων πτυχιούχων με τον Κοσμήτορα της Σχολής Θετικών Επιστημών, τον Πρόεδρο του Τμήματος Φυσικής και τους Διευθυντές των Τομέων του Τμήματος.

Ο χαιρετισμός του Κοσμήτορα της Σχολής Θετικών Επιστημών, καθηγητή Σ. Παυλίδη κατά την ορκωμοσία των πτυχιούχων του Τμήματος Φυσικής

Σπύρος Παυλίδης
Κοσμήτορας ΣΘΕ-ΑΠΘ

Κύριε Πρόεδρε,
Κύριοι συνάδελφοι Δ/ντές των Τομέων του Τμήματος,
Συγγενείς και φίλοι των αποφοίτων μας,

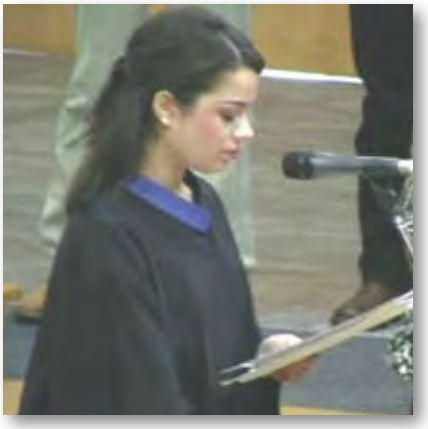
Συγκεντρωθήκαμε σήμερα στο χώρο αυτό, στην Κεντρική Αίθουσα Τελετών του Πανεπιστημίου μας, για μια σεμνή τελετή που σηματοδοτεί ένα σταθμό στη ζωή, αυτών των νέων ανθρώπων, των νέων πτυχιούχων Φυσικής. Σηματοδοτεί το τέλος μιας περιόδου απόκτησης βασικών γνώσεων της επιστήμης που διάλεξαν να σπουδάσουν ή που τυχαία θα έλεγα βρέθηκαν να σπουδάζουν, και που εμείς οι δάσκαλοί τους θέλουμε να πιστεύουμε ότι την αγάπησαν κατά τη διάρκεια των σπουδών τους.

Η μοίρα του ανθρώπινου προορισμού είναι η δημιουργία. Έτσι μεγαλώνει, το συναίσθημα της αυτοσυνειδησίας μας. Αυτό όμως απαιτεί **γνώση**, γενική και ειδική. Η γνώση αποτελεί σήμερα την κυρίαρχη «πρώτη ύλη» και διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην οικονομική δραστηριότητα της κοινωνίας μας γενικά και την επαγγελματική αποκατάσταση σε προσωπικό επίπεδο. Εμείς ως διδάσκοντες προσπαθήσαμε να μεταφέρουμε με τον καλύτερο δυνατό τρόπο αυτή την εξειδικευμένη γνώση στους φοιτητές μας. Αυτοί, οι σημερινοί πτυχιούχοι, με υψηλό κριτήριο μας έκριναν και θα μας κρίνουν και στο μέλλον. Στους χώρους του πανεπιστημίου έζησαν μερικά από τα καλύτερα χρόνια της ζωής τους. Αποχαιρετούν τα φοιτητικά έδρανα και με πολλά παράπονα και ανησυχίες. Γνωρίζουμε επίσης ότι διαθέτουμε ένα καλό εκπαιδευτικό σύστημα, το οποίο παρά τα όποια σημαντικά βήματα προόδου τα τελευταία χρόνια δεν μπορεί να γεμίσει το νου και την ψυχή των νέων μας, όπως αυτοί θα ήθελαν και όπως οι προκλήσεις της εποχής απαιτούν σε ένα διαρκώς εντεινόμενο διεθνή ανταγωνισμό.

Ο σεβασμός προς τη γνώση και κυρίως την ειδική, δηλαδή την **επιστημονική** σχετίστηκε με την πεποίθηση ότι όσο περισσότερα γνωρίζουμε τόσο περισσότερο προσεγγίζουμε την αλήθεια, και η αλήθεια, στην αρχαία ελληνική σκέψη, ήταν συνώνυμη του **αγαθού**. Βέβαια η διάψευση ήταν τραγική γιατί αγνοήσαμε την ηθική και κοινωνική πλευρά της έρευνας και της εκπαίδευσης. Η ηθική κρίση είναι ίσως η χειρότερη από όλες. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι θα φτάσουμε στον αντίποδα, δηλαδή την απόρριψη της επιστήμης. Κάτι τέτοιο θα σήμαινε την άρνηση της προόδου, αναθεώρηση της αντίληψης για τον πολιτισμό που επιδιώκουμε.

Ο **πολιτισμός** δεν είναι ζήτημα τεχνικής προόδου μόνο για την υποταγή των φυσικών δυνάμεων στην ανθρώπινη θέληση. Πολιτισμός είναι η διάθεση της ρωμαλέας **επιβολής του πνεύματος πάνω στις αναρχούμενες δυνάμεις**, στην ίδια άγρια ανθρώπινη φύση, την αλλοτρίωση, την αλόγιστη καταστροφή του περιβάλλοντος, τον υπερκαταναλωτισμό κ.ά., που έχουν διαφύγει από τον έλεγχο και την ευθύνη μας. Αυτήν την **ευθύνη** τη φορτώνουμε, εμείς οι πανεπιστημιακοί δάσκαλοι, **και στους δικούς σας ώμους** με την πεποίθηση ότι έχετε επάρκεια δυνάμεων ηθικών, πνευματικών και επιστημονικών. Θέλει αρετή η Ελευθερία, και «*πάσα επιστήμη χωριζόμενη αρετής πανουργία, ου σοφία φαίνεται*» κατά τον Πλάτωνα, και αυτό μην το ξεχνάτε.

Στο πλαίσιο αυτής της τελετής μας, αγαπητοί νέοι πτυχιούχοι μας, θέλω επίσης να τονίσω το μεγάλο μήνυμα της προστασίας και διαχείρισης του περιβάλλοντος, ένα πολύ σημαντικό θέμα της εποχής μας, για το οποίο η συμβολή των πτυχιούχων όλων σχεδόν των Τμημάτων της Σχολής μας είναι ιδιαίτερα σημαντική. Ο πλανή-



Ανάγνωση του όρκου του νέου Φυσικού.

της μας χρήζει «στοργής», διαβάζω σε τίτλο ενός άρθρου εφημερίδας, και στη συνέχεια το βασικό συμπέρασμα της Έκθεσης του Προγράμματος για το Περιβάλλον του ΟΗΕ: «Οι επιλογές της σημερινής γενιάς θα διαδραματίσουν κομβικό ρόλο στην ποιότητα ζωής των απογόνων μας».

Η μετάδοση της γνώσης πραγματοποιήθηκε πραγματικά σε συνθήκες **Ελευθερίας και Δημοκρατίας**, με όλες τις παθογένειες της και τις στρεβλώσεις της που ζούμε και μέσα στους πανεπιστημιακούς χώρους, που εύκολα τις στηλιτεύουμε σήμερα και τη θεωρούμε «Ελλειμματική Δημοκρατία». Η δημοκρατία είναι σαν τον αέρα με το οξυγόνο που αναπνέουμε, όταν μας λείπει τότε αντιλαμβανόμαστε την έλλειψη της. Στο σημείο αυτό επιτρέψτε μου να τονίσω όσον αφορά τη δημοκρατία μας ότι συνήθως πιστεύουμε ότι το Σύνταγμα και οι νόμοι της είναι το θεμέλιό της. Ναι είναι, αλλά πάνω απ΄όλα, βάση της Δημοκρατίας είναι η διάθεση όλων των μελών της κοινωνίας, να σεβαστούν και να εφαρμόσουν αυτούς τους νόμους, όταν στοχεύουν σε ένα κράτος οικονομικής και κοινωνικής δικαιοσύνης. Τότε πραγματικά οικοδομείται η κοινωνία των πολιτών, που με τη σειρά της αποτελεί την προϋπόθεση ανάπτυξης μιας χώρας. Ο πνευματικός άνθρωπος, περισσότερο ίσως από κάθε άλλον, έχει ιδιαίτερη ευθύνη για τη λειτουργία των δημοκρατικών θεσμών, της ελευθερίας του λόγου και της γνώμης.

Σήμερα ασκείται σημαντική πίεση πάνω στα πανεπιστήμια ώστε να αλλάξουν τον παραδοσιακό τους ρόλο και να προσαρμόσουν την αποστολή τους περισσότερο, σύμφωνα με τις σημερινές απαιτήσεις της κοινωνίας και κυρίως της οικονομίας. Ναι χρειαζόμαστε αλλαγές και προσαρμοστικότητα στις διαρκώς μεταβαλλόμενες διεθνείς συνθήκες. Από τον παλιό ρόλο της καλλιέργειας της βασικής έρευνας, της θεραπείας της επιστήμης, τη γενική καλλιέργεια των «σοφών-ερευνητών» τα ανώτατα εκπαιδευτικά ιδρύματά μας μετασχηματίζονται συνεχώς προς την παραγωγή εξειδικευμένων επιστημόνων-πνευματικών εργατών.

Μπορώ να σας διαβεβαιώσω, εγώ και οι δάσκαλοί σας ότι το ελληνικό πανεπιστήμιο έκανε τεράστια άλματα τα τελευταία χρόνια, προόδευσε και σήμερα στέκεται αξιοπρεπώς σε διεθνές επίπεδο με το μόχθο και την εργατικότητα των στελεχών του και των φοιτητών του. Έχει όμως και πολλές αδυναμίες. Κάποιοι προτείνουν να θεραπεύουμε τις αδυναμίες μας γκρεμίζοντάς τα όλα και χτίζοντας από την αρχή. Για τη θεραπεία των αδυναμιών, μας επιβλήθηκε ένα ξενόφερτο μοντέλο που δεν ανταποκρίνεται στην ελληνική πραγματικότητα και για το οποίο υπάρχουν πολλές και σοβαρές αντιρρήσεις. Δύο μόνο σημεία του νέου θεσμικού πλαισίου θα σας τονίσω, το συνεχώς αυξανόμενο κόστος σπουδών που μετακυλύετε στην ελληνική οικογένεια και την ολιγαρχική δομή του.

Επιταγή του Συντάγματός μας είναι η **ανάπτυξη** και **προαγωγή** της **επιστήμης** και η **εξύψωση** της παιδείας, που αποτελούν ***«υποχρέωση»*** και μάλιστα ***«βασική αποστολή»*** του κράτους. Και με γνώμονα το Σύνταγμά μας κινούμαστε.

Η μέση ελληνική οικογένεια δυσκολεύεται ιδιαίτερα, από το κόστος των σπουδών για να εισαχθούν τα παιδιά της στο ελληνικό πανεπιστήμιο και για να ολοκληρώσουν τις σπουδές τους, τόσο στο παρελθόν, όσο κυρίως στις σημερινές πολύ δύσκολες οικονομικές συνθήκες. Έχει όμως εμπιστοσύνη στα Ελληνικά Πανεπιστήμια και γι΄αυτό την ευχαριστούμε. Εκτός από τις βασικές σπουδές τα Ελληνικά Πανεπιστήμια και η Σχολή μας ιδιαίτερα, προσφέρουν ελκυστικά Προγράμματα Μεταπτυχιακών Σπουδών, εφάμιλλα και πολλές φορές ανώτερα πολλών πανεπιστημίων του εξωτερικού.

Δυστυχώς όμως, λόγω της οικονομικής συγκυρίας που βιώνουμε, οι ευχές και οι λόγοι μας κινδυνεύουν να χαρακτηριστούν ανούσιοι, ακόμη και εμπαιγμός. Και σαν να μην έφτανε η άσχημη οικονομική συγκυρία, σήμερα το δημόσιο ελληνικό πανεπιστήμιο βάλλεται βάναυσα, και προκαλείται μια σύγχυση στην κοινωνία, σε σας, σε όλους μας, που επιτείνει την κακή ψυχολογική διάθεση που προκαλείται από την οικονομική κρίση.

Η κρίση αυτή και η επιχειρούμενη αναδιάρθρωση της κοινωνίας με δυσμενέστερες σχέσεις εργασίες σκορπούν απαισιοδοξία. Γι αυτό, αγαπητοί πτυχιούχοι μας μελετήστε το χτες, και σχεδιάστε το αύριο κοιτώντας το σήμερα, σεις, οι νέοι επιστήμονες, **η καινοτόμος δύναμη** της οικονομικής, κοινωνικής και πολιτιστικής ανάπτυξη της χώρας μας. Είναι έγκλημα για τη χώρα η απώλεια του πιο ταλαντούχου δυναμικού της στη δίνη μιας οικονομικής και κοινωνικής κρίσης. Το μορφωμένο και εξειδικευμένο δυναμικό της χώρας αποτελεί το «ανθρώπινο κεφάλαιό» της. **Εκπαίδευση** και **έρευνα** δείχνουν με ποιον τρόπο διάφορες αναπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες αντιμετώπισαν κρίσεις ανάλογες με της Ελλάδας. Τα στοιχεία δείχνουν αρκετά πειστικά πως οι χώρες που κατάφεραν να ξεπεράσουν την κρίση είναι αυτές που αποφάσισαν να επενδύσουν μαζικά στην ανώτατη εκπαίδευση και την επιστημονική έρευνα. Οι επιτυχείς επενδύσεις ήταν αυτές που αφορούσαν στην ποιότητα και όχι στην ποσότητα. Φοβάμαι πως στην Ελλάδα κάναμε και συνεχίζουμε να κάνουμε λανθασμένες επιλογές. Σε αυτή την κοινωνία θα κάνετε μια αρχή εσείς από σήμερα. Θα πρέπει να γνωρίζετε ότι θα συναντήσετε τη σκληρότητα της κοινωνίας, το συμφέρον, τον ατομικισμό. Δεν πρέπει όμως να απογοητεύεστε. (*)

Αγαπητοί πτυχιούχοι μας με τις φράσεις αυτές σας εύχομαι η ολοκλήρωση των σπουδών σας στο τμήμα Φυσικής του Α.Π.Θ. να γίνει η αφετηρία για άλλες σημαντικότερες αναζητήσεις στη ζωή σας. Στη μέχρι σήμερα προσπάθειά σας είχατε αρωγό τους γονείς σας, οι οποίοι προσέφεραν την ηθική και υλική στήριξη στις προσπάθειές σας. Επομένως, σ'αυτούς που σήμερα σας καμαρώνουν και συγκινούνται να σας βλέπουν ακαδημαϊκούς πολίτες, οφείλετε ένα μεγάλο μέρος της επιτυχίας. Δίκαια λοιπόν, η σημερινή μέρα είναι γιορτή τόσο για σας όσο και γι' αυτούς.

Είναι σίγουρο ότι η ζωή σας αλλάζει από σήμερα. Η περίοδος των ανέμελων φοιτητικών χρόνων πέρασε ανεπιστρεπτί κλείνοντας ένα κύκλο της ζωής σας. Αρχίζει τώρα ένας νέος κύκλος, ανοίγει με στόχους την επαγγελματική αποκατάσταση, την επιστημονική ανέλιξη και καταξίωση, τη διάκριση τόσο στον επαγγελματικό όσο και στον επιστημονικό τομέα, την παρέμβαση στο κοινωνικό γίγνεσθαι της χώρας. Στο νέο αυτό κύκλο,

η παρέμβαση των γονέων σας είναι κατά πάσα πιθανότητα περιορισμένη. Απαιτείται περισσότερο η δική σας αυτενέργεια και σωστή εκτίμηση των καταστάσεων που θα αντιμετωπίσετε.
Οι νέοι στόχοι δημιουργούν νέα όνειρα. Απαιτούν όμως και νέα προσέγγιση, λιγότερο παρορμητική, περισσότερο ώριμη. Θα έρθετε περισσότερο σε επαφή με πεζά προβλήματα και ενδέχεται να αντιμετωπίσετε έλλειψη ανταπόκρισης στις προσπάθειές σας. Από δω θα πρέπει να φύγετε με ένα αισιόδοξο μήνυμα παρά τους χαλεπούς καιρούς.(**)
Εγώ προσωπικά ως Κοσμήτορας, εκφράζοντας τις ευχές όλων των δασκάλων και του προσωπικού της Σχολής, σας εύχομαι καλό δρόμο στην επιστήμη. Να συνεχίσετε με επιτυχία σε μεταπτυχιακές σπουδές ή στις επαγγελματικές σας προσπάθειες. *Καλή συνέχεια στη ζωή σας και την επαγγελματική σας σταδιοδρομία.*

(*) Αποσπάσματα από πρόσφατο άρθρο (Σεπτέμβριος 2011) **του Βρετανού** καθηγητή ιστορίας και διευθυντή του Κέντρου Διεθνούς Ιστορίας του Πανεπιστημίου Κολούμπια της Νέας Υόρκης **«Μια γενιά κινδυνεύει να χαθεί…»**. *Σύμφωνα με τον Μαζάουερ, το απότοκο της... αναποτελεσματικότητας των Ευρωπαίων να ανταποκριθούν στο ύψος των περιστάσεων είναι δυστυχώς ότι καλούνται να πληρώσουν τον λογαριασμό της ύφεσης δύο ομάδες. «Η πρώτη είναι οι φορολογούμενοι των πλουσιότερων ευρωπαϊκών χωρών, που πρέπει να επωμιστούν χρέη που δεν τους αναλογούν και ως εκ τούτου συσσωρεύουν οργή. Η δεύτερη ομάδα είναι οι Ελληνες νέοι, που βλέπουν ότι το μέλλον τους προδιαγράφεται δυσοίωνο» υπογραμμίζει ο ιστορικός, προσθέτοντας: «… η μεγαλύτερη τραγωδία της ελληνικής κρίσης είναι ότι μια ολόκληρη γενιά κινδυνεύει να χαθεί. Νέα μορφωμένα παιδιά σε καλά πανεπιστήμια, στα οποία οι γονείς αλλά και η ίδια η ελληνική κοινωνία έχουν επενδύσει πολλά, δεν μπορούν να βρουν δουλειά και κινδυνεύουν να πάρουν τον δρόμο της μετανάστευσης. Αν συμβεί αυτό δεν θα έχετε να αντιμετωπίσετε μονάχα το λεγόμενο brain drain, δηλαδή την αποστέρηση της χώρας από το πιο μορφωμένο, ικανό τμήμα του πληθυσμού. Η φυγή των προικισμένων αυτών μυαλών θα καθυστερήσει ακόμα περισσότερο την ανάκαμψη της οικονομίας. Πρέπει λοιπόν να γίνει απόλυτη προτεραιότητα της πολιτικής ηγεσίας να βρεθούν τρόποι να κρατήσετε τους νέους εδώ. Αλλιώς θα σας είναι πολύ δύσκολο να βρείτε άξια στελέχη για νέες επιχειρήσεις, για τους υγιείς δημόσιους οργανισμούς, για όποιες νέες κρίσιμες θέσεις προκύψουν.» «Στην εποχή μας, ο πλούτος μιας χώρας δεν είναι μόνο υλικός, αλλά και ανθρώπινος. Φροντίστε λοιπόν να προφυλάξετε αυτό το κεφάλαιο που αυτή τη στιγμή φυλλορροεί. Υπάρχουν και ορισμένοι που λένε ότι η Ελλάδα από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα στέλνει τα καλύτερά της μυαλά εκτός συνόρων. Ότι είναι μια χώρα που αντλεί δύναμη και θετική ενέργεια από τη διασπορά που σπεύδει κάθε φορά να στηρίξει τη χώρα όταν υπάρχουν δυσκολίες. Σήμερα, περισσότερο από ποτέ, έχετε ανάγκη να τα κρατήσετε εντός, αλλά και να τους δώσετε την ευκαιρία να ξεδιπλώσουν τις ικανότητες, τα ταλέντα τους, τις δεξιότητές τους. Να υπάρξει ζωτικός χώρος ώστε να μπορέσουν να ανθήσουν» υπογραμμίζει ο Βρετανός ιστορικός.*

(**) Τονίζονται ορισμένα σημεία από τη θαυμάσια και επίκαιρη **ομιλία** του **Γ. Σεφέρη** κατά την τελετή παραλαβής του βραβείου Νόμπελ Λογοτεχίας 1963.
«Ανήκω σε μία χώρα μικρή. Ένα πέτρινο ακρωτήρι στη Μεσόγειο, που δεν έχει άλλο αγαθό παρά τον αγώνα του λαού, τη θάλασσα, και το φως του ήλιου. Είναι μικρός ο τόπος μας, αλλά η παράδοσή του είναι τεράστια και το πράγμα που τη χαρακτηρίζει είναι ότι μας παραδόθηκε χωρίς διακοπή. Η ελληνική γλώσσα δεν έπαψε ποτέ της να μιλιέται…. Άλλο χαρακτηριστικό αυτής της παράδοσης είναι η αγάπη της για την ανθρωπιά, κανόνας της είναι η δικαιοσύνη. Στην αρχαία τραγωδία, την οργανωμένη με τόση ακρίβεια, α άνθρωπος που ξεπερνά το μέτρο, πρέπει να τιμωρηθεί από τις Ερινύες.
Όσο για μένα συγκινούμαι παρατηρώντας πως η συνείδηση της δικαιοσύνης είχε τόσο πολύ διαποτίσει την ελληνική ψυχή, ώστε να γίνει κανόνας του φυσικού κόσμου. Και ένας από τους διδασκάλους μου, των αρχών του περασμένου αιώνα, γράφει: "… θα χαθούμε γιατί αδικήσαμε …"…. Αλλά στην Ελλάδα των ημερών μας, η προφορική παράδοση πηγαίνει μακριά στα περασμένα όσο και η γραπτή. Το ίδιο και η ποίηση.
…πιστεύω πως τούτος ο σύγχρονος κόσμος όπου ζούμε, ο τυρρανισμένος από το φόβο και την ανησυχία, τη χρειάζεται την ποίηση…Είναι μία πράξη εμπιστοσύνης – κι ένας Θεός το ξέρει αν τα δεινά μας δεν τα χρωστάμε στη στέρηση εμπιστοσύνης.
… ανάμεσα σ'ένα αρχαίο ελληνικό δράμα και ένα σημερινό, η διαφορά είναι λίγη. Ναί, η συμπεριφορά του ανθρώπου δε μοιάζει να έχει αλλάξει βασικά. … Αυτή η φωνή που κινδυνεύει να σβήσει κάθε στιγμή από στέρηση αγάπης και ολοένα ξαναγεννιέται. …Σ' αυτό τον κόσμο, που ολοένα στενεύει, ο καθένας μας χρειάζεται όλους τους άλλους. Πρέπει ν'αναζητήσουμε τον άνθρωπο, όπου και να βρίσκεται. (ΑΝΑΓΚΗ ΣΥΛΛΟΓΙΚΟΤΗΤΑΣ)
Όταν στο δρόμο της Θήβας, ο Οιδίπους συνάντησε τη Σφίγγα, κι αυτή του έθεσε το αίνιγμά της, η απόκρισή του ήταν: ο άνθρωπος. Τούτη η απλή λέξη χάλασε το τέρας. Έχουμε πολλά τέρατα να καταστρέψουμε. (ΕΠΙΣΗΣ ΣΗΜΕΡΑ ΕΧΟΥΜΕ ΠΟΛΛΑ ΤΕΡΑΤΑ ΝΑ ΚΑΤΑΣΤΡΕΨΟΥΜΕ ΓΙΑ ΝΑ ΜΠΟΡΕΣΟΥΜΕ ΝΑ ΑΠΟΔΕΣΜΕΥΤΟΥΜΕ) Ας συλλογιστούμε την απόκριση του Οιδίποδα.»

Η Ελλάδα έχει δυναμική και γι' αυτό έχει μέλλον, αρκεί να πιστεύει στις δυνάμεις της και να συστρατεύει το ανθρώπινο δυναμικό της.

Κοπή πίτας του Τμήματος Φυσικής για το 2012

Την Παρασκευή 20 Ιανουαρίου πραγματοποιήθηκε στην αίθουσα Α31 η κοπή της βασιλόπιτας του Τμήματος Φυσικής για το νέο έτος. Στην εκδήλωση που διοργάνωσε η επιτροπή σεμιναρίων παραβρέθηκαν τα μέλη ΔΕΠ, οι τεχνικοί, το διοικητικό προσωπικό και φοιτητές, προπτυχιακοί και μεταπτυχιακοί, του Τμήματος. Παρά την οικονομική κρίση, το κλίμα ήταν εύθυμο και ανταλλάχθηκαν ευχές για μία δημιουργική και αποδοτική χρονιά. Το μουσικό κομμάτι της εκδήλωσης ανέλαβαν οι φοιτητές του Τμήματος.

Ο πρόεδρος του Τμήματος Φυσικής Αναπλ. Καθηγητής Θ. Λαόπουλος απευθύνει ευχές.

Στιγμιότυπα από την εκδήλωση.

Κοπή πίτας του Τομέα Εφαρμογών Φυσικής & Φυσικής Περιβάλλοντος

Την Τετάρτη 1 Φεβρουαρίου έγινε η καθιερωμένη κοπή της βασιλόπιτας του Τομέα Εφαρμογών Φυσικής & Φυσικής Περιβάλλοντος με την παρουσία ομότιμων και συνταξιοδοτηθέντων συναδέλφων. Ακόμη στην γιορτή προσέφεραν και οι εξελιχθέντες και διορισθέντες συνάδελφοι Δ. Μπαλής, Θ. Σαμαράς και Γ. Βουρλιάς στους οποίους το περιοδικό εύχεται καλή δύναμη.

Στιγμιότυπα από την κοπή της πίτας του Τομέα Εφαρμογών Φυσικής & Φυσικής Περιβάλλοντος.

Κοπή πίτας του Εργαστηρίου Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας και Δομικού Χαρακτηρισμού Υλικών και εγκαινίαση του Ηλεκτρονικού Μικροσκοπίου Διέλευσης JEOL 2000 FX

Την Πέμπτη 26 Ιανουαρίου έγινε η καθιερωμένη κοπή βασιλόπιτας του Εργαστηρίου Ηλ. Μικροσκοπίας και Δομ. Χαρακτηρισμού Υλικών, καθώς και αγιασμός με την ευκαιρία της νέας χρονιάς και της εγκατάστασης του μικροσκοπίου JEOL 2000 FX. Παρέστησαν τα μέλη ΔΕΠ του εργαστηρίου, ομότιμοι καθηγητές, τεχνικοί, υποψήφιοι διδάκτορες, μεταπτυχιακοί σπουδαστές, και φιλοξενούμενοι ξένοι ερευνητές. Την πίτα έκοψε ο Διευθυντής του Εργαστηρίου, καθηγητής Ε. Πολυχρονιάδης.
Στο πλαίσιο της εκδήλωσης παρουσιάστηκε και το πρόσφατα εγκατεστημένο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο διέλευσης JEOL 2000 FX. Το όργανο αποκτήθηκε μεταχειρισμένο από την Ιατρική Σχολή και έχει τάση λειτουργίας 200 kV και διακριτική ικανότητα 0.28 nm. Το μικροσκόπιο αυτό συμπληρώνει και ενισχύει τις ερευνητικές δυνατότητες του Εργαστηρίου κυρίως σε ότι αφορά τη συμβατική ηλεκτρονική μικροσκοπία διέλευσης. Περισσότερα για το εργαστήριο και τις δραστηριότητες του μπορείτε να βρείτε στην ιστοσελίδα http://elmiclab.physics.auth.gr.

Υποψήφιοι διδάκτορες και μεταπτυχιακοί κατά τη διάρκεια της εκδήλωσης.

Το μικροσκόπιο JEOL 2000 FX του Εργαστηρίου Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας.

ΣΥΝΕΒΗΣΑΝ ΣΤΟ ΤΜΗΜΑ

Νέα διορισθέντα μέλη ΔΕΠ στο Τμήμα Φυσικής

Τον Ιανουάριο 2012 προχώρησε επιτέλους η διεκπεραίωση από το Υπουργείο Παιδείας ορισμένων εκκρεμών διορισμών νέων μελών ΔΕΠ του Τμήματος που είχαν εκλεγεί κατά τα προηγούμενα έτη. Οι νέοι συνάδελφοι που διορίσθηκαν είναι ο καθηγητής Ε. Πλειώνης και οι επίκουροι καθηγητές Ι. Αρβανιτίδης, Γ. Βουρλιάς, και Δ. Τάσσης. Το περιοδικό τους εύχεται ολόψυχα καλή σταδιοδρομία! Ευχόμαστε επίσης τη γρήγορη ολοκλήρωση των διαδικασιών και για τους εκλεγέντες συναδέλφους που βρίσκονται ακόμη σε αναμονή του διορισμού τους.

Σεμινάριο Τμήματος: Σύγχρονες Εξελίξεις στη Φυσική των Νετρίνων
Ομιλητής: Ι. Βεργάδος, Καθηγητής, Τμ. Θεωρητικής Φυσικής Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Στις 22 Φεβρουαρίου πραγματοποιήθηκε στην αίθουσα Α31 σεμινάριο με ομιλητή τον καθηγητή του Τμήματος Θεωρητικής Φυσικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων κ. Ι. Βεργάδο. Ο κ. Ιωάννης Βέργαδος είναι Ομότιμος Καθηγητής και τέως Πρύτανης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Ήταν καθηγητής στο Ίδρυμα αυτό από το 1978, ύστερα από μεταπτυχιακές σπουδές (1964-68) και επιστημονική -ακαδημαϊκή σταδιοδρομία (1968-1978) στις ΗΠΑ. Είναι Fellow of the American Physical Society και έχει τιμηθεί με το βραβείο Alexander von Humboldt Research Award. Τα ερευνητικά ενδιαφέροντα του έχουν καλύψει τις περιοχές: Μαθηματική Φυσική, Πυρηνική Φυσική, Φυσική Σωματιδίων και Κοσμολογία. Τελευταία εστιάζει την έρευνά του στη Φυσική των νετρίνων και θεωρητικές εργασίες σχετικές με την άμεση ανίχνευση της Σκοτεινής Ύλης που μαζί με την σκοτεινή ενέργεια κυριαρχούν στο σύμπαν. Έχει συγγράψει πάνω από 150 ερευνητικές εργασίες δημοσιευμένες σε έγκριτα διεθνή περιοδικά, από τις οποίες τρεις είναι εργασίες επισκόπησης ύστερα από πρόσκληση του περιοδικού (honorarium). Έχει συμμετάσχει ως προσκεκλημένος ομιλητής σε πολλά διεθνή συνέδρια και έχει δημοσιεύσει πάνω από 70 εργασίες σε πρακτικά αυτών. Έχει συγγράψει πολλά πανεπιστημιακά συγγράμματα, προπτυχιακού και μεταπτυχιακού επιπέδου.

Παρακάτω παρατίθεται η περίληψη της ομιλίας του.

Θα δοθεί μία ιστορική ανασκόπηση της φυσικής των νετρίνων με κατάληξη την ανακάλυψη της ταλάντωσης των νετρίνων, που έδωσε απάντηση σε πολλά προβλήματα που παρέμεναν άλυτα για 80 χρόνια, όπως το ότι τα νετρίνα έχουν μη μηδενική μάζα και, συνακόλουθα, ότι υπάρχει ανάμιξη των τριών γενιών τους. Έτσι προκύπτει η ανάγκη διατύπωσης μιας νέας θεωρίας πέρα από το καθιερωμένο πρότυπο σωματιδίων. Παραμένουν, όμως, πολλά ανοιχτά προβλήματα, όπως: Ποία είναι η κλίμακα της μάζας των νετρίνων; Υπάρχουν πρόσθετα μη αλληλεπιδρώντα (άγονα) νετρίνα; Συμπίπτει το νετρίνο με το αντισωμάτιό του; Με ποιο μηχανισμό αποκτούν μάζα; Προς απάντηση θα γίνει ανάλυση κοσμολογικών δεδομένων και θα εξεταστούν σχετικά πειράματα β και ββ διασπάσεων. Θα θεωρηθούν, επίσης, πειράματα εξωτικών ταλαντώσεων νετρίνων, μετρώντας σκέδαση νετρίνων από

ηλεκτρόνια, χρησιμοποιώντας μονοχρωματικές πηγές νετρίνων πολύ χαμηλής ενέργειας και αξιοποιώντας τελευταίας τεχνολογίας σφαιρικούς ανιχνευτές προβολής χρόνου (STPC) αερίων. Παράλληλα, θα εξεταστούν δίκτυα παρόμοιων ανιχνευτών ανακρουόμενων πυρήνων, στα οποία συμμετέχουν ενεργά και Ελληνικές ερευνητικές ομάδες, που θα χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση νετρίνων προερχομένων από εκρήξεις υπερκαινοφανών. Τα ουράνια αυτά νετρίνα μεταφέρουν πολύ χρήσιμες πληροφορίες για την κατάσταση στο εσωτερικό των άστρων και την εξέλιξη τους, ιδιαίτερα στο τελευταίο στάδιο της ζωής τους.

Απονομή του τίτλου του Ομότιμου Καθηγητή στους αφυπηρετήσαντες καθηγητές Θεόδωρο Καρακώστα και Κωνσταντίνο Μανωλίκα

Με την υπ. αρ. 134/14-12-11 απόφασή της, η Σύγκλητος Ειδικής Σύνθεσης του ΑΠΘ απένειμε τον τίτλο του Ομότιμου Καθηγητή στους πρόσφατα αφυπηρετήσαντες καθηγητές του Τμήματός μας, Θεόδωρο Καρακώστα και Κωνσταντίνο Μανωλίκα, αφού έλαβε υπόψη το έργο και την προσφορά τους στο Πανεπιστήμιο, μετά από ομόφωνη απόφαση της Γενικής Συνέλευσης Ειδικής Σύνθεσης (ΓΣΕΣ) του Τμήματος Φυσικής (συνεδρίαση 5/14-11-2011). Οι δύο καθηγητές διετέλεσαν μέλη του Τομέα Φυσικής Στερεάς Κατάστασης ο οποίος ομόφωνα είχε αρχικά εισηγηθεί στη ΓΣΕΣ την απονομή του τίτλου μετά από πρόταση καθηγητών του Τομέα.

Στην πρότασή τους προς το Τμήμα Φυσικής, οι καθηγητές Φιλομήλα Κομνηνού, Ελένη Παλούρα, Θωμάς Κεχαγιάς, Γιώργος Δημητρακόπουλος, Μαρία Κατσικίνη και Ιωσήφ Κιοσέογλου, αναφέρονται στη θητεία του κ. Καρακώστα ως πανεπιστημιακού δασκάλου και διεθνώς αναγνωρισμένου ερευνητή. Το ερευνητικό έργο του κ. Καρακώστα στη μελέτη των δομικών, φυσικών και ηλεκτρονικών ιδιοτήτων των υλικών αριθμεί περισσότερες από 170 διεθνείς δημοσιεύσεις και παρουσιάστηκε σε περισσότερα από 100 συνέδρια. Ο καθηγητής Καρακώστας υπηρέτησε

το πανεπιστήμιο ως Διευθυντής του Εργαστηρίου Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας και Δομικού Χαρακτηρισμού Υλικών, Διευθυντής του Τομέα Φυσικής Στερεάς Κατάστασης, και Αντιπρόεδρος του Τμήματος Φυσικής. Το 1995 πρωτοστάτησε στην ίδρυση του Προ-

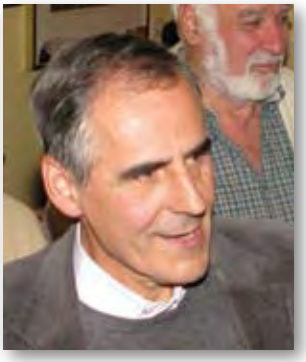
γράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Φυσική & Τεχνολογία Υλικών» του Τμήματος Φυσικής και διετέλεσε Διευθυντής του από την ίδρυσή του μέχρι τη συνταξιοδότησή του. Επίσης διετέλεσε πρόεδρος ή μέλος πλήθους πανεπιστημιακών και άλλων επιτροπών διαφόρων φορέων της χώρας όπως π.χ. το Εθνικό Ίδρυμα Μετρολογίας. Είχε έντονη ακαδημαϊκή εκπαιδευτική δραστηριότητα με διδασκαλία πολλών μαθημάτων, συγγραφή αντίστοιχων διδακτικών συγγραμμάτων, επίβλεψη πολλών διδακτορικών διατριβών και διπλωματικών εργασιών, και διοργάνωση θερινών σχολείων. Τέλος είχε πλήθος διεθνών συνεργασιών με σημαντικά ακαδημαϊκά και ερευνητικά ινστιτούτα του εξωτερικού όπως τα Πανεπιστήμια του Cambridge, Humboldt, Caen, Βοστώνης, κ.ά.

Στην πρότασή τους προς το Τμήμα Φυσικής οι καθηγητές Σωτήριος Βες, Αντώνης Αναγνωστόπουλος, Αλκιβιάδης Μπάης, Φιλομήλα Κομνηνού, Ελένη Παλούρα και Νικόλαος Φράγκης, αναφέρονται στη σημαντική ακαδημαϊκή προσφορά του. Ο κ. Μανωλίκας διετέλεσε τρεις φορές Πρόεδρος του Τμήματος Φυσικής, δύο φορές Διευθυντής του Τομέα Φυσικής Στερεάς Κατάστασης, Διευθυντής του Α' Εργαστηρίου Φυσικής, ενώ συνέβαλλε αποφασιστικά και στη διοργάνωση του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Φυσική της Ατμόσφαιρας». Κατά τη διάρκεια της πρώτης προεδρίας του συγκρότησε σε επιστημονική βάση τη Βιβλιοθήκη του Τμήματος Φυσικής, η οποία λειτούργησε υποδειγματικά και απετέλεσε πρότυπο για την οργάνωση των Βιβλιοθηκών των άλλων τμημάτων του ΑΠΘ. Διετέλεσε Πρόεδρος της Επιτροπής Εποπτείας Βιβλιοθηκών του ΑΠΘ κατά τα έτη 2004-08. Κατά τη χρονική περίοδο 1996-2007 ήταν επιστημονικώς υπεύθυνος των δύο έργων οριζόντιας δράσης του ΑΠΘ: «Εκσυγχρονισμός των Βιβλιοθηκών του ΑΠΘ», που χρηματοδοτήθηκα από το 2ο και 3ο Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης (ΚΠΣ). Στο πλαίσιο των έργων αυτών θεσμοθετήθηκαν και υλοποιήθηκαν καινοτόμες δράσεις στην Κεντρική και τις περιφερειακές βιβλιοθήκες του ΑΠΘ όπως η αναμόρφωση των χώρων των Βιβλιοθηκών, ηλεκτρονικός κατάλογος βιβλίων και περιοδικών, ψηφιοποίηση αρχείων κλπ. Παράλληλα, ο καθηγητής Μανωλίκας δίδαξε προπτυχιακά και μεταπτυχιακά μαθήματα, επέβλεψε διδακτορικές διατριβές, συνέγραψε διδακτικά βιβλία και σημειώσεις, συνέβαλε στη διοργάνωση συνεδρίων και συμμετείχε σε εθνικά και διεθνή συνέδρια. Έχει δημοσιεύσει 60 ερευνητικές εργασίες και είχε εκτενή συνεργασία με σημαντικά ακαδημαϊκά και ερευνητικά ινστιτούτα του εξωτερικού όπως το Κέντρο Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας του Πανεπιστημίου της Αμβέρσας (RUCA). Συντόνισε εθνικά και ευρωπαϊκά ερευνητικά προγράμματα και έχει διατελέσει πρόεδρος ή μέλος πλήθους πανεπιστημιακών ή άλλων επιτροπών διαφόρων φορέων της χώρας.

Ο Τομέας Φυσικής Στερεάς Κατάστασης (ΤΦΣΚ) τίμησε τους δύο καθηγητές του, καθώς επίσης και τους αναπληρωτές καθηγητές Οδυσσέα Βαλασιάδη και Λεωνίδα Παπαδημητρίου, όπως και τη γραμματέα του Τομέα κα. Μαίρη Χανιώτη με την ευκαιρία της συνταξιοδότησής τους. Στη μικρή εκδήλωση που διοργανώθηκε επικράτησε ευχάριστη ατμόσφαιρα. Ο Διευθυντής του Τομέα, καθηγητής Κ. Παρασκευόπουλος, αναφέρθηκε στο έργο και την προσφορά όλων και τους παρέδωσε αναμνηστικά δώρα.

Ο Διευθυντής του ΤΦΣΚ καθηγητής Κ. Παρασκευόπουλος απευθύνει χαιρετισμό.

Από την αντιφώνηση του ομότιμου καθηγητή Θ. Καρακώστα.



Ο ομότιμος καθηγητής και τέως Πρόεδρος του Τμήματος Φυσικής, Κ. Μανωλίκας.

Ο Διευθυντής του ΤΦΣΚ με τον αναπληρωτή καθηγητή Λ. Παπαδημητρίου.

Ο αναπληρωτής καθηγητής του ΤΦΣΚ, Ο. Βαλασιάδης.

Η γραμματέας του ΤΦΣΚ, κ. Μαίρη Χανιώτη.

Στιγμιότυπα από την εκδήλωση του Τομέα Φυσικής Στερεάς Κατάστασης.

Το πρόγραμμα LLP/ERASMUS

Ελένη Παλούρα
Καθηγήτρια Τμ. Φυσικής

Το πρόγραμμα LLP/ERASMUS (http://ec.europa.eu/education/programmes/llp/index_en.htm) (2007-2013) είναι πρόγραμμα της Ευρωπαϊκής Ένωσης που προωθεί την ανάπτυξη της κοινωνίας της γνώσης. Στόχος του προγράμματος είναι η προώθηση της διά βίου εκπαίδευσης, η ενθάρρυνση της κινητικότητας καθώς και η υποστήριξη των πολιτών προκειμένου να αποκτήσουν αναγνωρισμένα προσόντα και δεξιότητες. Το πρόγραμμα παρέχει στους πολίτες υποτροφίες για να σπουδάσουν, να διδάξουν, να κάνουν πρακτική άσκηση ή να παρακολουθήσουν προγράμματα κατάρτισης σε άλλη χώρα. Στο πρόγραμμα συμμετέχουν οι 27 χώρες μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, οι συνδεδεμένες χώρες Ισλανδία, Λιχτενστάιν, Νορβηγία και η Τουρκία.

Η δράση ERASMUS

Η δράση ERASMUS, που ξεκίνησε το 1987, είναι το εκπαιδευτικό πρόγραμμα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για τα μέλη της ακαδημαϊκής κοινότητος των ανωτάτων εκπαιδευτικών ιδρυμάτων (ΑΕΙ). Έχει σαν στόχο τη βελτίωση της ποιότητας της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης καθώς και την ενίσχυση της κινητικότητας και της ευρωπαϊκής διάστασης της ανώτατης εκπαίδευσης.

Το πρόγραμμα πήρε το όνομά του προς τιμήν του φιλόσοφου, θεολόγου και ανθρωπιστή του 15ου αιώνα Δεσιδέριου Έρασμου του Ρότερνταμ (1466-1536). Ο Έρασμος υπήρξε αντίθετος προς τον δογματισμό και θεωρείται ο πνευματικός πατέρας της αναμόρφωσης. Έζησε και εργάστηκε σε διάφορες χώρες της Ευρώπης ενώ άφησε όλη την περιουσία του στο Πανεπιστήμιο της Βασιλείας της Ελβετίας.

Στο πλαίσιο του ERASMUS οι φοιτητές/τριες μπορούν να ολοκληρώσουν ένα μέρος των σπουδών τους σε μια άλλη Ευρωπαϊκή χώρα για χρονικό διάστημα που κυμαίνεται από 3 έως 12 μήνες. Επίσης οι διδάσκοντες μπορούν να μετακινηθούν και να διδάξουν σε ΑΕΙ χώρας που συμμετέχει στο πρόγραμμα. Οι φοιτητές/τριες ERASMUS αποκτούν χρήσιμες εμπειρίες σε ένα διαφορετικό εκπαιδευτικό και κοινωνικό περιβάλλον ενώ κατά τεκμήριο βελτιώνουν και τις γνώσεις τους στη γλώσσα της χώρας υποδοχής. Στο πλαίσιο του προγράμματος ERASMUS οι φοιτητές/τριες επιχορηγούνται με ποσά που εξαρτώνται από την χώρα υποδοχής και κυμαίνονται από 300€ (για τη Βουλγαρία) έως 560€ (για τη Δανία).

Στο πρόγραμμα ERASMUS δικαιούνται να συμμετάσχουν προ- και μεταπτυχιακοί φοιτητές/τριες καθώς και υποψήφιοι/ες διδάκτορες. Η μετακίνηση γίνεται στο πλαίσιο **υπάρχουσας διαπανεπιστημιακής συμφωνίας** και οι υποψήφιοι/ες πρέπει να είναι υπήκοοι μίας από τις συμμετέχουσες χώρες ή να είναι μόνιμοι κάτοικοι της Ελλάδος. Επίσης πρέπει να γνωρίζουν επαρκώς την γλώσσα της χώρας υποδοχής ή την γλώσσα στην οποία γίνονται τα μαθήματα (εκτός αν η μετακίνηση γίνεται για την εκπόνηση πτυχιακής ή διπλωματικής εργασίας). **Τα Εντατικά Γλωσσικά Μαθήματα Erasmus** απευθύνονται σε φοιτητές/τριες που θα φοιτήσουν σε ΑΕΙ χώρας με λίγο διαδεδομένη γλώσσα. Τα μαθήματα διαρκούν από 2 έως 6 εβδομάδες (με ελάχιστο τις 60 ώρες διδασκαλίας), έχουν σαν στόχο την εξοικείωση των φοιτητών/τριών με την συγκεκριμένη γλώσσα και πραγματοποιούνται πριν από την έναρξη του χειμερινού (δηλ. το καλοκαίρι) και εαρινού (κατά τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο) εξαμήνου.

Η διάρκεια των σπουδών στο Ίδρυμα Υποδοχής μπορεί να διαρκεί από 3 έως 12 μήνες και πρέπει να αποτελεί μέρος του προγράμματος σπουδών στο Τμήμα Φυσικής. Η μετακίνηση μέσω του προγράμματος υποκαθιστά περίοδο σπουδών στο Τμήμα προέλευσης. **Η δήλωση μαθημάτων** των εξερχομένων φοιτητών/τριών υποκαθιστά τη δήλωση στο Τμήμα προέλευσης και συνιστά εγγραφή σε εξάμηνο.

Αντίγραφο αναλυτικής βαθμολογίας: Το Πανεπιστήμιο Υποδοχής χορηγεί αντίγραφο αναλυτικής βαθμολογίας το οποίο είναι απαραίτητο για να γίνει η μεταφορά των βαθμών στο Τμ. Φυσικής ΑΠΘ.

Προνόμια: Ο/Η εξερχόμενος/η φοιτητής/τρια απολαμβάνει όλα τα προνόμια των φοιτητών/τριών στο Ίδρυμα Υποδοχής και δεν καταβάλλει δίδακτρα, δικαίωμα εγγραφής, εξέταστρα, δικαίωμα πρόσβασης στις εγκαταστάσεις εργαστηρίων, σε βιβλιοθήκες κ.λ.π..

Στους εξερχόμενους σπουδαστές εξακολουθούν να καταβάλλονται στο ακέραιο εθνικές υποτροφίες και δάνεια.

Πρακτικές Πληροφορίες για τους Φοιτητές του Τμήματος Φυσικής

Οι φοιτητές/τριες που ενδιαφέρονται να συμμετάσχουν στο πρόγραμμα Erasmus πρέπει κατ' αρχήν να διαλέξουν μία από τις **ισχύουσες συμφωνίες** και να επικοινωνήσουν με το υπεύθυνο μέλος ΔΕΠ. Πρέπει να υποβάλλουν την αίτηση τους **ηλεκτρονικά** στη διεύθυνση https://eurep-online.ad.auth.gr/moveonline/outgoing/. Επίσης πρέπει να **τυπώσουν** την συμπληρωμένη αίτηση τους και να την υποβάλουν στο γραφείο Ευρωπαϊκών Εκπαιδευτικών Προγραμμάτων (ΤΕΕΠ) του ΑΠΘ. Η αίτηση πρέπει να συνοδεύεται από:

- αναλυτική βαθμολογία στα αγγλικά ή στην γλώσσα του ΑΕΙ υποδοχής συνοδευόμενη από την επίσημη αναλυτική που εκδίδει η Γραμματεία,
- σύντομο βιογραφικό σημείωμα στο οποίο να αναφέρονται οι λόγοι για τους οποίους ο υποψήφιος/α θέλει να μετακινηθεί,
- αντίγραφο πιστοποιητικού γλωσσικής ικανότητος (εφ' όσον υπάρχει)

Η πρόσκληση για την υποβολή αιτήσεων γίνεται από το γραφείο ERASMUS συνήθως το μήνα Φεβρουάριο. **Τα αποτελέσματα** της διαδικασίας επιλογής των φοιτητών, που γίνεται σύμφωνα με τα κριτήρια που αναγράφονται παρακάτω, αναρτώνται στις ιστοσελίδες του Τμήματος Φυσικής και του ΤΕΕΠ-ΑΠΘ. Οι φοιτητές/τριες στην αίτησή τους μπορούν να δηλώσουν κατά σειρά προτεραιότητας μέχρι 3 Τμήματα υποδοχής.

Επιλογή μαθημάτων: Οι φοιτητές/τριες των οποί-

ων οι αιτήσεις μετακίνησης εγκριθούν πρέπει να επιλέξουν τα μαθήματα που θα παρακολουθήσουν με ιδιαίτερη προσοχή και με κριτήριο τη συμφωνία της διδακτέας ύλης ανάμεσα στα τμήματα προέλευσης και υποδοχής (επικάλυψη της ύλης κατά ≥60% θεωρείται αποδεκτή). Επίσης οι ECTS μονάδες και οι ώρες διδασκαλίας ανά εβδομάδα ή στο εξάμηνο δεν πρέπει να αποκλίνουν σημαντικά.

Το διδακτικό φορτίο για περίοδο σπουδών ενός εξαμήνου είναι 30 ECTS ενώ για 3-μηνη περίοδο σπουδών είναι 20 ECTS.

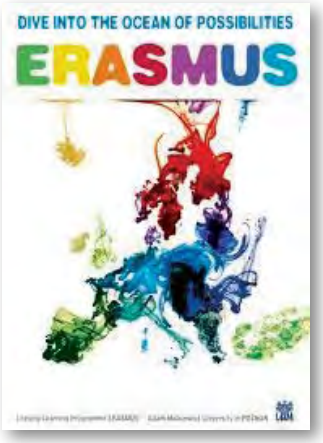
Έντυπα που πρέπει να υποβληθούν προς την επιτροπή ERASMUS του Τμήματος Φυσικής: Οι εξερχόμενοι φοιτητές/τριες πρέπει να συμπληρώσουν πλήρως το έντυπο COURSES-FORM_studentname.doc (που είναι αναρτημένο στον ιστότοπο του Τμήματος Φυσικής http://www.physics.auth.gr/static/erasmus) και να το υποβάλλουν ηλεκτρονικά στην διεύθυνση erasmus@physics.auth.gr. Μαζί με το έντυπο πρέπει να συνυποβάλλουν σε **αρχείο word** τις πληροφορίες των μαθημάτων (περιεχόμενο μαθήματος, προτεινόμενα διδακτικά εγχειρίδια κλπ) όπως αυτές εμφανίζονται στην ιστοσελίδα ή τον οδηγό σπουδών του Τμήματος υποδοχής.

Δήλωση κατεύθυνσης: Οι εξερχόμενοι φοιτητές/τριες που βρίσκονται σε εξάμηνο 7ο ή μεγαλύτερο μπορούν να κάνουν δήλωση κατεύθυνσης μέσω των ηλεκτρονικών υπηρεσιών του ΑΠΘ.

Τα μαθήματα που δήλωσαν οι εξερχόμενοι/ες φοιτητές/τριες και δεν τα πέρασαν στο ΑΕΙ υποδοχής μπορούν να τα δώσουν στο Τμήμα Φυσικής στην εξεταστική Σεπτεμβρίου.

Μάθημα ελεύθερης επιλογής: οι φοιτητές/τριες δικαιούνται να πάρουν και ένα μάθημα ελεύθερης επιλογής (σε οποιοδήποτε γνωστικό πεδίο) εφ' όσον αυτό δεν διδάσκεται στο Τμήμα Φυσικής και πιστώνεται με τουλάχιστον 3 ECTS μονάδες.

Διαδικασία έγκρισης των μαθημάτων: Η διαδικασία αυτή έχει σαν στόχο τον έλεγχο της ικανοποιητικής αντιστοίχησης των μαθημάτων και την αυτόματη καταχώρηση των βαθμών και γίνεται από την επιτροπή ERASMUS του Τμήματος Φυσικής η οποία απαρτίζεται από εκπροσώπους όλων των Τομέων.



Κριτήρια επιλογής των φοιτητών

1. **Επίπεδο σπουδών (προ- ή μεταπτυχιακό):** προτεραιότητα δίδεται σε μεταπτυχιακούς/ες σπουδαστές/τριες
2. **Ακαδημαϊκή επίδοση του/της υποψηφίου:** Ο αριθμός μαθημάτων που έχει περάσει (χωρίς τις Ξένες Γλώσσες), Διδακτικές μονάδες που έχει περάσει / σύνολο διδακτικών μονάδων για πτυχίο, μέσος όρος βαθμολογίας μαθημάτων που πέρασε, κατεύθυνση σπουδών
3. **Γλωσσική επάρκεια:** βεβαιωμένη γνώση με κανονικό πτυχίο γλωσσομάθειας ή γνώση βεβαιωμένη με άτυπη βεβαίωση παρακολούθησης μαθημάτων από φροντιστήριο
4. **Έτος Σπουδών & ΜΟ ΔΜ/εξάμ:** έτη που πέρασαν από την ημερομηνία πρώτης εγγραφής στο Τμήμα (του τρέχοντος συμπεριλαμβανομένου) και Μέσος Όρος (ΜΟ) διδακτικών μονάδων (ΔΜ) μαθημάτων που πέρασε ανά εξάμηνο φοίτησης (έως την προηγούμενη εξεταστική)

Λεπτομερείς πληροφορίες για το πρόγραμμα ERASMUS υπάρχουν στην ιστοσελίδα του Τμήματος Ευρωπαϊκών Προγραμμάτων ΑΠΘ (http://www.eurep.auth.gr), στον οδηγό σπουδών του Τμήματος Φυσικής και στον ιστότοπο του Τμήματος Φυσικής (http://www.physics.auth.gr/static/erasmus).

Πρακτική άσκηση

Στο πλαίσιο του προγράμματος LLP/ERASMUS εντάσσεται και η Πρακτική άσκηση (Placement) με την οποία δίνεται η δυνατότητα σε προπτυχιακούς φοιτητές/τριες,(από το 1ο έτος σπουδών τους), μεταπτυχιακούς φοιτητές/τριες και υποψήφιους/ες διδάκτορες, **που είναι να είναι εγγεγραμμένοι/ες στο ΑΠΘ**, να πραγματοποιήσουν πρακτική άσκηση στο εξωτερικό σε Πανεπιστήμια, Επιχειρήσεις ή/και Οργανισμούς. Στους/στις μετακινούμενους/ες προσφέρεται υποτροφία, διάρκειας 3 έως και 12 μηνών, μέσω της δράσης LLP/ERASMUS PLACEMENT. Στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης συνιστάται η τρίμηνη μετακίνηση.

Η προθεσμία υποβολής αιτήσεων λήγει συνήθως των μήνα Σεπτέμβριο. Οι ενδιαφερόμενοι πρέπει να υποβάλλον την αίτηση τους ηλεκτρονικά στη διεύθυνση http://eurep-online.ad.auth.gr/moveonline/outgoing/. Επίσης πρέπει να εκτυπώσουν την αίτηση και να την υποβάλλουν στο ΤΕΕΠ μαζί με τα απαραίτητα δικαιολογητικά.

Ο/Η δικαιούχος πρέπει να γνωρίζει επαρκώς τη γλώσσα της χώρας στην οποία θα μετακινηθεί για πρακτική άσκηση. Σημειώνεται ότι οι δικαιούχοι μπορούν να παρακολουθήσουν **τα Εντατικά Γλωσσικά Μαθήματα Erasmus** που αναφέρθηκαν προηγουμένως.

Οι φοιτήτριες/ές πρέπει να βρουν οι ίδιοι τον φορέα στον οποίο θα μετακινηθούν. Πληροφορίες για προσφερόμενες θέσεις υπάρχουν στην ιστοσελίδα του ΤΕΕΠ-ΑΠΘ

Αναγνώριση πρακτικής άσκησης: Η περίοδος της πρακτικής άσκησης αναγνωρίζεται πλήρως εφόσον περιλαμβάνεται αντίστοιχη περίοδος στο πρόγραμμα σπουδών του φοιτητή. Σε αντίθετη περίπτωση η περίοδος πρακτικής άσκησης θα πρέπει να αναγράφεται στο Παράρτημα Διπλώματος (Diploma Supplement).

Οι φοιτητές/τριες έχουν δικαίωμα να συμμετάσχουν στο πρόγραμμα κινητικότητας LLP/ERASMUS PLACEMENT για πρακτική άσκηση, ανεξαρτήτως του εάν έχουν συμμετάσχει στο πρόγραμμα LLP/Erasmus για Σπουδές

Πληροφορίες για το πρόγραμμα της πρακτικής άσκησης (π.χ. τα επιλέξιμα κράτη και επιχειρήσεις, τις προσφερόμενες θέσεις, τα κριτήρια επιλογής , τις υποτροφίες κλπ) υπάρχουν στην ιστοσελίδα του Τμήματος Ευρωπαϊκών Προγραμμάτων ΑΠΘ (http://www.eurep.auth.gr).

Η επιτροπή ERASMUS στο Τμήμα Φυσικής απαρτίζεται από τα μέλη ΔΕΠ: τον κ. Σ. Σίσκο, Καθηγητή, τον κ. Δ. Μπαλή, Αναπληρωτή καθηγητή, την κ. Α. Ιωαννίδου, Επίκουρη Καθηγήτρια, τον κ. Γ. Βουγιατζή, Επίκουρο Καθηγητή, την κ. Μ. Κατσικίνη, Επίκουρη Καθηγήτρια και συντονίζεται από την κ. Ελένη Κ. Παλούρα, Καθηγήτρια. Το e-mail επικοινωνίας είναι erasmus@physics.auth.gr.

**Την Τετάρτη 22/2/2012 στην αίθουσα Α11η επιτροπή Erasmus πραγματοποίησε ενημερωτική συνάντηση με τους ενδιαφερόμενους προπτυχιακούς και μεταπτυχιακούς φοιτητές για θέματα όπως κριτήρια επιλογής φοιτητών, κριτήρια επιλογής ΑΕΙ και μαθημάτων, χρηματοδότηση από το ΙΚΥ κλπ.*

“Once Erasmus, always Erasmus”

Δάφνη Παρλιάρη
Φοιτήτρια Τμ. Φυσικής

Η ιδέα να συμμετέχω στο πρόγραμμα Erasmus μου είχε μπει στο μυαλό από πολύ νωρίς, στον πρώτο χρόνο που ήμουν στο Τμήμα Φυσικής. Έχοντας ακούσει τόσα πολλά από φοιτητές που είχαν μετακινηθεί, αποφάσισα στον 3ο χρόνο της φοίτησής μου να κάνω το μεγάλο βήμα. Κι έτσι ξεκίνησε το οδοιπορικό μιας Ελληνίδας φοιτήτριας…

Αρχικά πήγα στην ενημερωτική συνάντηση που οργανώνεται στα τέλη Φεβρουαρίου κάθε χρόνο από τον υπεύθυνο Erasmus του Τμήματος (φέτος η κ. Παλούρα) και από πρώην εξερχομένους φοιτητές. Οι εμπειρίες που μοιραστήκαν τα παιδιά μαζί μας ήταν άκρως ενδιαφέρουσες και ενθαρρυντικές, και από τις επόμενες ημέρες (για μήνες δηλαδή…) ασχολήθηκα με τα απαιτούμενα χαρτιά. Η πικρή αλήθεια είναι ότι η γραφειοκρατία είναι αρκετή και μερικές φόρες αποθαρρυντική, όποτε στο μυαλό πρέπει πάντα να έχουμε το πόσο θέλουμε να φτάσουμε στο στόχο μας!

Πολύ χρονοβόρα διαδικασία για μένα ήταν να επιλέξω τα πανεπιστήμια που ήθελα. Έψαχνα στις ιστοσελίδες τους, επικοινωνούσα με τα τμήματα υποδοχής, διάβαζα, επέλεγα, μετάνιωνα, διόρθωνα, ώσπου στο τέλος κατέληξα σε δύο πανεπιστήμια της Γερμανίας και ένα της Νορβηγίας. Έπρεπε να ενημερωθώ για τη στέγαση, τη σίτιση, τη μετακίνηση, το κόστος ζωής, τον τρόπο διδασκαλίας, τις καθημερινές ανάγκες, όλα αυτά παράλληλα με τα χαρτιά που έπρεπε να συμπληρώσω για το δικό μας γραφείο Erasmus και τα μαθήματα που παρακολουθούσα στο δικό μας πανεπιστήμιο. Πολυάσχολοι μήνες!

Μετά από όλα αυτά, έπρεπε να περιμένω τα αποτελέσματα, σε ποιο πανεπιστήμιο δηλαδή θα επέλεγε το ΑΠΘ να με στείλει. Να σημειώσω εδώ ότι κάθε καθηγητής του ελληνικού πανεπιστήμιου διαχειρίζεται μια ή περισσότερες συμφωνίες με ιδρύματα υποδοχής. Ο εξερχόμενος φοιτητής επιλεγεί ως και τρία πανεπιστήμια της επιθυμίας του με σειρά προτίμησης, και η αίτησή του περνά διαδοχικά από τους διαχειριστές των συμφωνιών. Αν ο πρώτος απορρίψει την αίτηση (κρίνονται η απόδοση του φοιτητή μέχρι τώρα στα μαθήματα, οι βαθμοί του, η γνώση ξένων γλωσσών) τότε προχωρεί στον δεύτερο, και μετά στον τρίτο.

Αφού βγήκαν τα αποτελέσματα και είδα σε ποιό πανεπιστήμιο με στέλνει το ΑΠΘ (εγώ ας πούμε πήγα στη Βόννη) έπρεπε να επικοινωνήσω με το ίδρυμα υποδοχής και να ενημερωθώ για τα διδασκόμενα μαθήματα. Σημειωτέον πως, το ότι το πανεπιστήμιο αποστολής σε έχει επιλέξει για να πας κάπου, δεν σημαίνει αυτόματα ότι σε δέχονται εκεί. Πρέπει να περιμένεις ένα e-mail μετά το τέλος του τρέχοντος εξαμήνου που θα επιβεβαιώνει τη μετακίνησή σου. Πρακτικά αυτό είναι μόνο τυπικό, αλλά καλό είναι το έχουμε υπόψη μας.

Κατόπιν επέλεξα τα μαθήματα που θα διδασκόμουν στη Βόννη. Το πανεπιστήμιο εκεί κάνει τα μαθήματα του master στα αγγλικά και του bachelor στα γερμανικά. Διάλεξα μαθήματα που με ενδιέφεραν και που χρωστούσα στην Ελλάδα και συμπλήρωσα το learning agreement. Για να αναγνωριστούν τα μαθήματα που παίρνεις στο ξένο πανεπιστήμιο πρέπει η ύλη τους να αντιστοιχεί στο 60% της ύλης του ελληνικού μαθήματος και να έχει περίπου τις ίδιες ECTS. Αυτή τη διαδικασία την αναλαμβάνει μια επιτροπή από καθηγητές της σχολής μας, και μετά τη συμπλήρωση του learning agreement ενημερώνεσαι για το ποια μαθήματα θα αναγνωριστούν. Μπορείς πάντα να το αλλάξεις και να διαλέξεις κάτι άλλο σε αντικατάσταση, ή αν κάτι σε ενδιαφέρει πολύ να το επιλέξεις έτσι κι αλλιώς. Εγώ διδάχτηκα Accelerator Physics, καθώς στη Βόννη λειτουργεί ο επιταχυντής ELSA, αν και δεν μπορούσε να αναγνωριστεί σαν Φυσική των Επιταχυντών-Αντιδραστήρων της κατεύθυνσης της Πυρηνικής.

Έτσι, πέρασε ο καιρός και ήρθαν τα τέλη Ιουνίου. Με το που έλαβα το e-mail της επιβεβαίωσης από το πανεπιστήμιο της Βόννης, έπρεπε να κανονίσω τα της στέγασης μου. Είχα την ευχέρεια να επιλέξω να μείνω στην εστία ή σε διαμέρισμα που θα έπρεπε να βρω μόνη μου. Ακολούθησα την πιο απλή λύση και επέλεξα δωμάτιο σε εστία. Αποφάσισα να κάνω μαθήματα γερμανικών κατά τη διάρκεια της παραμονής μου εκεί που τα οργάνωνε το International Office της Βόννης, και δήλωσα συμμέτοχη στο Welcome Week, το όποιο θα εξηγήσω εκτενώς τι είναι παρακάτω. Επίσης πήρα μέρος στο πρόγραμμα Study Buddy, το όποιο μου ανέθεσε έναν Γερμανό φοιτητή με την υποχρέωση να με υποδεχτεί τη μέρα που θα έφτανα στη Γερμανία και, καθ’ όλη τη διάρκεια της παραμονής μου, να με βοηθά σε ότι χρειαζόμουν, είτε σχετικά με τα μαθήματα είτε γενικά με δυσκολίες που θα αντιμετώπιζα στην καθημερινότητα μου.

Με αυτά και με εκείνα, πέρασε το καλοκαίρι και έφτασε η μέρα της αναχώρησης μου… Πήρα τα 25 κιλά των αποσκευών μου, αποχαιρέτησα το τσούρμο των συγγενών μου, και ανέβηκα στο αεροπλάνο. Στις 2,5 ώρες που διήρκεσε η πτήση ήμουν πολύ χαρούμενη και ανυπόμονη, λιγάκι αδαής τολμώ να πω ως προς το τι θα με περίμενε στην καινούρια μου πόλη. Ευτυχώς στο αεροδρόμιο με περίμενε η Study Buddy μου, η Melanie, και μαζί πήγαμε στην εστία όπου θα εμένα. Δυστυχώς, ο υπεύθυνος που κρατούσε τα κλειδιά των δωματίων δεν ήταν εκεί, και βρέθηκα ξαφνικά 2200 χλμ μακριά απ το σπίτι μου, στις 20:00 το βράδυ να μην έχω που να μείνω. Ήταν από τα λίγα αρνητικά που συνάντησα στην οργανωτική τους δομή και ήταν υπερ-αρκετό για να με αγχώσει. (Για την ιστορία, έμεινα στο σπίτι της Melanie εκείνο το βράδυ. Πολύ σπουδαίο πρόγραμμα το study buddy, σας το είπα!)

Την επόμενη μέρα ξεκίνησε το Welcome Week, και ήρθε η ώρα να σας εξηγήσω τι είναι. Πέντε ημέρες πριν την αρχή του εξαμήνου, όλοι οι φοιτητές Erasmus συγκεντρώνονται από το International Office του ιδρύματος υποδοχής, ενημερώνονται σχετικά με σημαντικά ζητήματα που θα τους

απασχολήσουν όσο καιρό μείνουν στο εξωτερικό, και διεκπεραιώνουν μερικές απαραίτητες γραφειοκρατικές εργασίες. Όλα αυτά μαζί με παιχνίδια γνωριμίας της τοπικής κουλτούρας, με βράδυνες εξόδους, πάρτι και εκδρομές ώστε να γνωριστούμε μεταξύ μας και να νιώσουμε άνετα. Κατά τη διάρκεια εκείνων των ημερών γραφτήκαμε ως δημότες της πόλης της Βόννης, όπως και στο πανεπιστήμιο, γνωριστήκαμε με τους υπόλοιπους Έλληνες φοιτητές, πήγαμε στα (ξακουστά είναι η αλήθεια) πάρτι του **δικτύου ESN (Erasmus Students Network)**, κάναμε περιπάτους για να γνωρίσουμε την πόλη. Μια πολύ σημαντική πρωτοβουλία του δικτυού Erasmus που αποδείχτηκε πολύ χρήσιμη για όλους τους νεοαφιχθεντες φοιτητές.

Μετά από αυτή την ευχάριστη ανάπαυλα, ξεκίνησαν τα μαθήματα. Το επίπεδο των μαθημάτων του μεταπτυχιακού ήταν αρκετά ανεβασμένο, ενώ η μέθοδος διδασκαλίας ήταν πολύ διαφορετική από τη δική μας. Ο κάθε καθηγητής είχε περίπου 3 tutors (βοηθούς δηλαδή) οι όποιοι αναλάμβαναν να λύνουν τις απορίες των φοιτητών και να κάνουν τα tutorials: πρόσθετες ώρες στη διδασκαλία του κάθε μαθήματος όπου λύναμε ασκήσεις. Εκεί μας ανέθεταν τις εργασίες για το σπίτι που είχαμε να λύσουμε για κάθε εβδομάδα και να τις παραδώσουμε την επόμενη. Μας ενθάρρυναν να δουλεύουμε σε ομάδες ώστε να βοηθάμε ο ένας τον άλλο και να κάνουμε πολλές ερωτήσεις. Θεωρούσαν τόσο σημαντική τη δουλειά αυτή, που απαιτούσαν να συγκεντρώσουμε το 50% των πόντων από τις ασκήσεις για να έχουμε το δικαίωμα να δώσουμε εξετάσεις στο τέλος. Και αυτή ήταν η κύρια πηγή του άγχους μου κάθε εβδομάδα, καθώς δεν ήμουν συνηθισμένη να δουλεύω έτσι σε όλη τη διάρκεια του εξαμήνου. Ιδιαίτερα το τμήμα Φυσικής ηταν πολύ αυστηρό σε αυτόν τον τομέα, και οι tutors έλεγχαν πριν την έναρξη της εξεταστικής ποιοι φοιτητές είχαν το δικαίωμα να συμμετέχουν στην τελική εξέταση και ποιοι όχι.

Στα θετικά, οι καθηγητές ήταν όλοι πολύ ευγενικοί και εξυπηρετικοί, και οι tutors μας βοηθούσαν πάντα, είτε με email είτε προσωπικά στα γραφεία τους. Ιδιαίτερα όσοι προέρχονταν από μεσογειακές χώρες μας κατανοούσαν πραγματικά, μας ενθάρρυναν και μας εμψύχωναν όταν μας κατέβαλε το άγχος ή και η νοσταλγία. Για μένα που είμαι πολύ αγχωτικός άνθρωπος, οι ασκήσεις για το σπίτι ήταν πικρό ποτήρι κάθε εβδομάδα, ευτυχώς όμως η ομάδα με την οποία εργαζόμουν ήταν όλοι τους παιδιά με κατανόηση!

Κάπως έτσι, με μαθήματα, εργασίες, και εξόδους στις τοπικές μπυραρίες ήρθαν τα Χριστούγεννα και άνοιξαν οι χριστουγεννιάτικες αγορές. Η Γερμανία έχει μεγάλη παράδοση στον φαντασμαγορικό εορτασμό των Χριστουγέννων και στις αγορές στο κέντρο των πόλεων: ζεστό αρωματικό κρασί, χειροποίητα στολίδια, πυροτεχνήματα, παραδοσιακά λουκάνικα και lebkuchen, τα βρίσκαμε σε κάθε γωνία κάθε πόλης. Οι Γερμανοί παίρνουν πολύ ζεστά το θέμα, και προετοιμάζονται από πολύ νωρίς. Η ωραιότερη κατά τη γνώμη μου ήταν η Weihnachtsmarkt σε ένα προάστιο της Βόννης, το Siegburg, όπου τα πάντα ήταν Μεσαιωνικά! Τα μαγαζάκια είχαν κεριά αντί για ηλεκτρικό ρεύμα, οι άνθρωποι ήταν ντυμενοι μάγοι, γελωτοποιοί και ιππότες, και μπορούσαμε να αγοράσουμε ψωμί από παραδοσιακό ξυλόφουρνο! Τρεις φόρες την ημέρα ανέβαιναν σε μια σκηνή μουσικοί που έπαιζαν μεσαιωνικά όργανα, και μια κοπέλα διάβαζε παραμύθια στα παιδάκια. Η ατμόσφαιρα ήταν μαγική, από τις πιο όμορφες εικόνες που αντίκρισα στη Γερμανία, κάτι που αξίζει να δει κάθε φοιτητής που θα επιλέξει αυτή τη χώρα.

Και ήρθε η ώρα που όλοι οι φοιτητές Erasmus φοβόμασταν από την αρχή του εξαμήνου: η εξεταστική!! Θα παραλείψω τις ανατριχιαστικές λεπτομέρειες, πάντως τα πράγματα ήταν καλύτερα απ' ότι περιμέναμε. Οι καθηγητές δεν έδιναν τόση σημασία στην τελική εξέταση, και έπαιρναν υπόψη και τη δουλειά με τις ασκήσεις σε όλη τη διάρκεια του εξαμήνου. Επίσης σε περίπτωση που κοβόμασταν, υπήρχε δυνατότητα να ξαναδώσουμε ένα μήνα μετά και να περάσουμε το μάθημα. Εν ολίγοις, ένα αρκετά διαφορετικό σύστημα από το δικό μας.

Γυρνώντας με το αεροπλάνο, σκεφτόμουν όλη αυτή την εμπειρία, με τα καλά και τις δυσκολίες της, και λίγο πάνω από τις Άλπεις κατέληξα ότι άξιζε κάθε δευτερόλεπτο. Σκοπός του προγράμματος Erasmus είναι να μας κάνει να συνειδητοποιήσουμε ότι είμαστε **πολίτες της Ευρώπης** και ότι μπορούμε να λειτουργήσουμε ως φοιτητές σε κάθε ευρωπαϊκή πόλη, να εκμεταλλευτούμε αυτά που μας προσφέρονται και να σκεφτόμαστε πιο δημιουργικά και συλλογικά.

Γνωρίσαμε παιδιά από την Ισπανία, την Ιταλία, την Αυστραλία, το Μεξικό, το Νεπάλ, *ανταλλάξαμε εμπειρίες, μάθαμε πώς ζουν οι άνθρωποι στην άλλη άκρη του κόσμου, εμπλουτίσαμε τις γνώσεις μας για την επιστήμη μας, γνωρίσαμε ένα διαφορετικό εκπαιδευτικό σύστημα, ζήσαμε την καθημερινότητα μιας ξένης χώρας, συγκρίναμε, στεναχωρηθήκαμε, γελάσαμε, νιώσαμε νοσταλγία και υποσχεθήκαμε κάποια στιγμή να ξαναβρεθούμε οπωσδήποτε.*

Αλλά και σε προσωπικό επίπεδο, *βελτιωθήκαμε ακόμα και σε ζητήματα που δεν το φανταζόμασταν* ότι θα μας απασχολούσαν. Μάθαμε *να στηριζόμαστε στις δικές μας δυνάμεις* αποκλειστικά, και βρήκαμε μεγάλη βοήθεια ο ένας από τον άλλο τη στιγμή που τη χρειαστήκαμε. *Ευαισθητοποιηθήκαμε σε θέματα περιβάλλοντος και ανακύκλωσης*, κάτι που η Γερμανία παίρνει πολύ σοβαρά, *συνειδητοποιήσαμε ότι μερικούς κανόνες έπρεπε να τους ακολουθούμε απαράβατα* (όπως το να περιμένουμε το πράσινο φανάρι για να διασχίσουμε τη διάβαση!), νιώσαμε ότι μας έλειψε η Ελλάδα αλλά και ότι το *να ζεις στο εξωτερικό είναι δύσκολο και συναρπαστικό την ίδια στιγμή*.

Κλείνοντας, θα ήθελα να προτρέψω όποιο συνάδελφο το σκέφτεται, **να πάρει οπωσδήποτε τη μεγάλη απόφαση** και να μετακινηθεί σε κάποια χώρα. Ίσως η Γερμανία δεν ενδείκνυται για τρελή ζωή και ξεφαντώματα, κάθε τόπος όμως προσφέρει διαφορετικά πράγματα και μπορεί ο καθένας να βρει αυτό που του ταιριάζει. Οι δυσκολίες δεν πρέπει να μας πτοήσουν, γιατί η ανταμοιβή είναι μεγάλη. Η ηθική ικανοποίηση και μόνο ότι μπορείς να επιβιώσεις μόνος σου σε έναν τελείως άγνωστο τόπο είναι άκρως εποικοδομητική. *Και πάντα, σε κάθε σημείο της πορείας, υπάρχουν άνθρωποι που είναι πρόθυμοι να βοηθήσουν και να κατανοήσουν.*

Το πρόγραμμα Erasmus είναι αναμφίβολα μια εμπειρία που μπορεί να σου αλλάξει τον τρόπο που σκέφτεσαι.

Χρήσιμες ιστοσελίδες:

http://www.eurep.auth.gr/index.php
http://www.physics.auth.gr/static/erasmus
ESN AUTH [esn.auth@gmail.com]
http://bonn.esngermany.org/
http://auth.esngreece.gr/
Group στο facebook: Hellenic Bonn
ESN Bonn-Erasmus 2011/2012

Το χρονικό μιας έρευνας

Νίκος Χατζαράκης
Φοιτητής Τμ. Φυσικής

Η πλατεία του Χημείου γυάλιζε από το μεσημεριάτικο φως, καθώς έβγαινα από το κτήριο της Σχολής Θετικών Επιστημών. Τέλη Οκτωβρίου κι έχει τόσο ήλιο! Αυτό το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου…

Κατευθύνθηκα προς τη βιβλιοθήκη του τμήματος. "Τι ήθελα κι ανέλαβα αυτή την εργασία για τον Poincaré, σκέφτηκα. Τόσος κόπος για μια μονάδα επιπλέον; Σιγά!" Αλλά, τώρα δεν μπορώ να κάνω αλλιώς – το δήλωσα και θα την κάνω!

Μπήκα στη βιβλιοθήκη και ξεκίνησα αμέσως το ψάξιμο. Φυσικά, το να ψάχνεις βιβλία μπορεί να είναι πιο εύκολο σήμερα, χάρη στους υπολογιστές, αλλά είναι πάντα εξίσου επίπονο όταν το βιβλίο βρίσκεται στο τελευταίο ράφι και για να το φτάσεις πρέπει να ξεπεράσεις την υψοφοβία σου! Βέβαια, μετά τις πρώτες απόπειρες συνηθίζεις. Και, βέβαια, η όλη διαδικασία αποκτά τρομερό ενδιαφέρον όταν δεις τι βιβλία υπάρχουν θαμμένα (ή καλύτερα "υψωμένα") στα τελευταία ράφια. "Μακάρι να 'χα μια εργασία για όλα αυτά τα θέματα, σκέφτηκα. *Θα 'χα έναν καλό λόγο να ψάξω όλα αυτά τα βιβλία!*"

Τελικά, διάλεξα δύο βιβλία και ξεκίνησα για το αναγνωστήριο. ***Ποτέ δεν μπορούσα να φανταστώ πόσο θα μου άρεσε αυτός ο χώρος!*** Ποτέ πριν δε μπορούσα να φανταστώ τη δουλειά που μπορούσα να κάνω καθισμένος μία ώρα σε ένα τεράστιο τραπέζι δίπλα σε δεκάδες άλλα άτομα σκυμμένα όλα πάνω σε ένα βιβλίο! Και να φανταστεί κανείς ότι κατέφυγα εκεί μόνο και μόνο γιατί δεν προλάβαινα να γυρίσω στο σπίτι!

Το στυλό μου έτρεχε πάνω στο χαρτί καθώς σημείωνα τα αποσπάσματα του βιβλίου που θα χρειαζόμουν. Τελικά, μετά από μία ώρα, σηκώθηκα κι έτρεξα να προλάβω το μάθημά μου. Αλλά, η όλη διαδικασία μου άρεσε τόσο πολύ που σκέφτηκα αμέσως να την επαναλάβω – κι έτσι έγινε.

Σκηνές από τη βιβλιοθήκη του Τμήματος Φυσικής και το αναγνωστήριο.

Το ίδιο βράδυ κάθισα στον υπολογιστή – έπρεπε να επιβεβαιώσω και να συμπληρώσω τις πληροφορίες που είχα μαζέψει. Και ποιος πιο εύκολος τρόπος να το κάνεις αυτό από την έρευνα σ' αυτό το υπέροχο μέσο, το διαδίκτυο (επίτευγμα του CERN, για όσους δεν το γνωρίζουν)! Οι πληροφορίες άπειρες (από επιστημονικές εργασίες μέχρι άρθρα «παρανοϊκών»). Μου πήρε περισσότερη ώρα απ' όση περίμενα – όχι για να βρω κάτι αλλά για να διαλέξω μεταξύ αυτών που βρήκα. Όταν σηκώθηκα από τον υπολογιστή ένιωθα πέντε κιλά βαρύτερος. "Ευτυχώς, σκέφτηκα, είναι το βάρος της γνώσης. Κι αυτό δεν είχα ποτέ πρόβλημα να το χάσω."

Ένα μήνα μετά, είμαι καθισμένος στον υπολογιστή μου κάνοντας τις τελευταίες διορθώσεις στην εργασία μου. Ο μήνας ήταν δύσκολος (χάλασε κι ο υπολογιστής κατά τη διάρκειά του!), αλλά αυτό που περίμενα να τον κάνει δυσκολότερο, τελικά τον έκανε πολύ καλύτερο: *η έρευνα για την εργασία μου!* ***Τώρα ξέρω ποια είναι η λογική του Πανεπιστημίου: δουλεύεις, ψάχνεις, διαβάζεις γιατί σου αρέσει!***

Γράφτηκε με αφορμή την εργασία μου για το έργο του Poincaré στη Θεωρία της Σχετικότητας για το μάθημα "Ιστορία και Εξέλιξη των Ιδεών στη Φυσική" του πρώτου εξαμήνου. Ευχαριστώ τον κ. Χάρη Βάρβογλη για το θέμα.

Ο ιστοχώρος της βιβλιοθήκης του Τμήματος Φυσικής είναι: http://leykada.physics.auth.gr/Library/

Δραστηριότητες στο ΝΟΗΣΙΣ

Η Επιστήμη του Διαστήματος

Πρόκειται για το νέο επιστημονικό show του ΝΟΗΣΙΣ. Με αφορμή τον εντυπωσιακό κόσμο του ηλιακού μας συστήματος και του διαστήματος, μέσα από απλά πειράματα, το πρόγραμμα αυτό επιχειρεί να φέρει τους συμμετέχοντες πιο κοντά στην επιστήμη, κεντρίζοντας το ενδιαφέρον και τον ενθουσιασμό τους. Με θεματολογία από το Big Bang και τις εκρήξεις των σουπερνόβα μέχρι πληροφορίες για το ηλιακό μας σύστημα και τις διαστημικές στολές, προσφέρει γνώση και διασκέδαση σε μικρούς και μεγάλους.

Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας: από σήμερα για το μέλλον

Το πρόγραμμα σχεδιάστηκε στο θεματικό άξονα οικολογία - ενέργεια – καινοτομία, και οι στόχοι του είναι:

- Να αντιληφθούν οι μαθητές τη σημασία της ενέργειας και τις επιπτώσεις στη καθημερινή ζωή.
- Να γνωρίσουν τους φυσικούς ενεργειακούς πόρους και τη σημασία της αλόγιστης χρήσης τους.
- Να κατανοήσουν τη σημασία της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- Να συνεργαστούν σε ομάδες σε εκπαιδευτικά παιχνίδια και κατασκευές.
- Να ενισχυθεί το ενδιαφέρον τους για τη μελέτη των ενεργειακών προβλημάτων.

Το πρόγραμμα απευθύνεται σε μαθητές δημοτικού (Ε΄ και Στ΄ τάξη) και γυμνασίου (Α΄- Γ΄ τάξη). Με τη συμμετοχή τους οι μαθητές αποκτούν μια συνειδητοποιημένη στάση απέναντι στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και το ρόλο τους στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών.

Εκπαιδευτικά προγράμματα

Αερομοντελισμός:

Εκπαιδευτικό πρόγραμμα συνολικά δέκα συναντήσεων, με θέμα τον Αερομοντελισμό, που απευθύνεται σε μαθητές 11-14 ετών. Πρόκειται για εργαστηριακό πρόγραμμα κατασκευής αερομοντέλων, όπου τα παιδιά που συμμετέχουν γνωρίζουν τόσο θεωρητικά όσο και πρακτικά τις αρχές της πτήσης και της αεροδυναμικής, μέσω της κατασκευής και δοκιμαστικής πτήσης μοντέλων αεροπλάνων.

ROBOTIXLAB 1: Κίνηση, Ήχος, Φως

Εκπαιδευτικό πρόγραμμα τριών συναντήσεων με θέμα την Ρομποτική. Πρόκειται για εργαστηριακό πρόγραμμα βιωματικής μάθησης, στο οποίο μαθητές 10-12 ετών έρχονται σε επαφή με την επιστήμη της ρομποτικής κατασκευάζοντας και προγραμματίζοντας πραγματικά ρομπότ. Οι συμμετέχοντες δουλεύουν συνεργατικά μέσω ενός θεματικού σεναρίου προσπαθώντας να επιλύσουν κάποιο πρόβλημα με την χρήση ρομπότ. Ο πρώτος κύκλος RobotixLab 1 έχει θέμα «Ρομποτική κίνηση, ήχος, φως».

NN12 : Call for abstracts 20 April 2012

Summer school on Micro- and Nano-structural characterization of materials

*AUTh and the NetFISiC European ITN invite you to the **Summer school on Micro- and Nano- structural characterization of materials, focused on electron microscopy**, which will be held in **Thessaloniki, Greece, on July 11-15, 2012**. The NetFISiC project promotes the training of young researchers on the Growth, Characterization, and Applications of Advanced Materials and more specifically 3C-SiC. This professional training school offers a comprehensive education and laboratory training on specimen preparation, imaging and analysis techniques and technologies of electron microscopy.The school is addressed to PhD and postgraduate students, working in Solid State Physics and Materials Science and having a special interest in micro- and nano-structural investigation of materials using Electron Microscopy techniques.*