

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 25<sup>ΗΣ</sup> ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 2005

ΥΠΟΔΟΧΗ  
ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ κ. ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ ΦΩΚΑ

ΠΡΟΣΦΩΝΗΣΗ ΥΠΟ ΤΟΥ ΠΡΟΕΔΡΟΥ κ. ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΡΟΥΚΟΥΝΑ

Με ιδιαίτερη χαρά υποδεχόμεθα σήμερα τὸν νέο ἀκαδημαϊκὸ καθηγητὴ κ. Ἀθανάσιο Φωκά, ὁ ὁποῖος ἐξελέγη τὸν Δεκέμβριο 2004 στὴν ἔδρα τῶν Ἐφηρμοσμένων Μαθηματικῶν.

Ὁ κ. Φωκᾶς διακρίνεται γιὰ τὴν πολυμαθεία, τὴν εὐρύτητα τῶν ἐνδιαφερόντων του, τὴν προσήλωση στὴν ἐπιστήμη καὶ τὸν ὑπεύθυνο λόγο του. Ἔχει δὲ τιμηθεῖ μὲ πολλές ὑψηλές διακρίσεις διεθνῶς.

Ἀναφέρομαι στὴ διεθνή ἀναγνώριση τοῦ ἔργου του στὸν κλάδο τῆς Μαθηματικῆς Ἐπιστήμης ὅχι ὡς συμβατικὸ συμπλήρωμα τῶν ὅσων συνήθως λέγονται, ἀλλὰ γιὰ νὰ ἐπιβεβαιώσω τὴ θέση ποὺ κατέχει μεταξὺ τῶν ἐν τῇ ἐπιστήμῃ συναδέλφων του σὲ παγκόσμια κλίμακα.

Ὁ καθηγητὴς Φωκᾶς εἶναι αὐστηρὸς πρὸς τὸν ἑαυτό του, παραγωγικότατος, τὸ δὲ ἔργο του ἀκτινοβολεῖ συγχρόνως γνώση καὶ φαντασία.

Τὰ χαρακτηριστικὰ αὐτὰ τοῦ ἐπιτρέπουν νὰ εἶναι ἀφοσιωμένος καὶ δίκαιος πρὸς τοὺς νεωτέρους καὶ νὰ διευδύνει τὴν ἐρευνητικὴ του ὁμάδα κατὰ τέτοιο τρόπο, ὥστε αὐτὴ νὰ εἶναι ἐπίσης ἀποδοτικὴ, ὅπως καὶ ὁ ἴδιος.

Στὴν Ἀκαδημία Ἀθηνῶν ὁ κ. Φωκᾶς ἔχει ἤδη παράσχει καὶ παρέχει δείγματα αὐτῆς τῆς πολυεπίπεδης ὑπευθυνότητος, διότι ἡ Ἀκαδημία διαθέτει ἐρευνητικὰ κέντρα, γραφεῖα ἐρευνῶν καὶ ἐρευνητές, οἱ ὁποῖοι μὲ χαρὰ προσβλέπουν στὶς κατευθυντήριες ὁδηγίες καὶ τὴν ἀξιολόγηση τοῦ ἔργου τους ἀπὸ τοὺς ἀκαδημαϊκοὺς καὶ τὴν κοινωνία γενικότερα.

Φίλε κύριε συνάδελφε,

Σας καλωσορίζω, σας επιδίδω τὰ διάσημα τοῦ ἀκαδημαϊκοῦ, εὐχομαι δὲ κάθε χαρὰ καὶ εἶμαι βέβαιος ὅτι ἡ συμμετοχὴ σας στὸ ἔργο τῆς Ἀκαδημίας θὰ εἶναι ἀποτελεσματικὴ καὶ ἐπωφελὴς γιὰ ὅλους.

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΓΙΟ ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ κ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ Κ. ΑΡΤΕΜΙΑΔΗ

Ἀγαπητὲ Συνάδελφε Ἀθανάσιε Φωκᾶ,

Μὲ ἐξουσιοδότηση τῆς Τάξεως τῶν Θετικῶν Ἐπιστημῶν τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν σας ἀπευθύνω ἐγκάρδιο, θερμὸ χαιρετισμὸ ἐξ ὀνόματος ὅλων τῶν μελῶν τῆς Ἀκαδημίας κατὰ τὴ σημερινὴ ἐπίσημη ὑποδοχὴ σας ὡς τακτικοῦ μέλους τοῦ ἀνωτάτου πνευματικοῦ ἰδρύματος τῆς χώρας, στὸ ὁποῖο καταλαμβάνετε τὴν ἔδρα τῶν Μαθηματικῶν (Ἐφηρμοσμένων Μαθηματικῶν).

Ἀποδέχθηκα τὴν ἐντολὴ αὐτὴ τῆς Α΄ Τάξεως, τιμητικὴ γιὰ μένα, καὶ τὴν ἐκτελῶ μὲ ιδιαίτερη χαρὰ.

Κύριε Πρόεδρε τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν, Κυρίες καὶ Κύριοι Ἀκαδημαϊκοί, Κυρίες καὶ Κύριοι,

Ὁ Ἀθανάσιος Φωκᾶς γεννήθηκε στὴν Κεφαλλονιά στὶς 30 Ἰουνίου 1952. Εἶναι ἐγγαμὸς καὶ ἔχει τρία παιδιά.

Ὁ κύκλος σπουδῶν του εἶναι ὄντως ἐντυπωσιακός. Εἶναι κάτοχος πτυχίου Ἀεροναυπηγικῆς τοῦ Πανεπιστημίου Imperial College τοῦ Λονδίνου (1972-1975), Διδακτορικοῦ Διπλώματος Ἐφαρμοσμένων Μαθηματικῶν τοῦ Τεχνολογικοῦ Ἰνστιτούτου τῆς Καλιφόρνιας (1975-1979) (Caltech), καὶ πτυχίου Ἰατρικῆς τοῦ Πανεπιστημίου τοῦ Miami (1983-1986).

Ἐκίνησε τὴ σταδιοδρομία του ἀπὸ τὸ Caltech (1979-1980). Ἀκολούθως ὑπηρέτησε διαδοχικά (1980-1993) ὡς ἐπίκουρος, ὡς ἀναπληρωτῆς καὶ ὡς τακτικὸς καθηγητῆς καὶ Πρόεδρος τοῦ Μαθηματικοῦ Τμήματος τοῦ Clarkson University τῶν USA. Ἐπίσης ἐδίδαξε ἐπὶ ἓνα ἔτος ὡς ἐπισκέπτης καθηγητῆς στὸ Stanford University (USA). Κατὰ τὰ ἔτη 1993-1995 ὑπηρέτησε ὡς καθηγητῆς στὸ Loughborough University τοῦ U.K.

Ἀπὸ τὸ 1996 ἕως τὸ 2001 διετέλεσε καθηγητῆς στὸ Imperial College,

τὸ δὲ 2002 ἐξελέγη καθηγητὴς στὴν ἔδρα Nonlinear Mathematical Sciences (DAMTP) τοῦ Πανεπιστημίου τοῦ Cambridge (U.K.).

Θὰ προσπαθῶ, μέσα στὰ προβλεπόμενα χρονικά ὄρια τῆς προσφωνήσεώς μου, νὰ παρουσιάσω ἐν συντομίᾳ τὸ εὐρὺ ἐπιστημονικὸ ἔργο, τὶς πολλαπλές καὶ πολυσχιδεῖς ἐπιστημονικὲς καὶ λοιπὲς δραστηριότητες τοῦ νέου ἀκαδημαϊκοῦ καθηγητοῦ Ἀθανασίου Φωκά.

### **Βραβεῖα - Τιμητικὲς Διακρίσεις.**

Θὰ ἀναφέρω μερικὲς ἀπὸ τὶς σημαντικότερες.

1. Τὸ 2000 τοῦ ἀπονεμήθηκε τὸ Naylor Prize τῆς London Mathematical Society. Πρόκειται γιὰ τὸ ἀνώτερο βραβεῖο τὸ ὁποῖο ἀπονέμεται γιὰ Ἐφαρμοσμένα Μαθηματικά καὶ Θεωρητικὴ Φυσικὴ στὸ Ἡνωμένο Βασίλειο. Τὸ βραβεῖο ἄρχισε νὰ ἀπονέμεται, ἀνὰ διετία, ἀπὸ τὸ 1977 καὶ μέχρι τὸ 2000 ἀπονεμήθηκε 13 φορές. Ὁ προτελευταῖος βραβευθεὶς ὑπῆρξε ὁ γνωστὸς κοσμολόγος S. W. Hawking (1999). Θὰ ἀναφέρω ἐπίσης τὸν βραβευθέντα τὸ 1991 γνωστὸ καθηγητὴ Sir Roger Penrose. Ἄς σημειωθεῖ ὅτι τὸ Associated Press καὶ τὸ Imperial College χαρακτήρισαν τὸ βραβεῖο Naylor ὡς τὸ ἰσοδύναμο τοῦ βραβείου Nobel στὰ Ἐφαρμοσμένα Μαθηματικά.

2. Τὸ Πανεπιστήμιο Clarkson τῶν USA, τιμώντας τὴν ἐπιστημονικὴ προσφορά τοῦ Καθηγητῆ Φωκά, καδιέρωσε ἐτήσια σειρὰ διαλέξεων μὲ τίτλο: "The Fokas distinguished Lecture Series". Τὴ σειρὰ αὐτὴ ἐγκαινίασε τὸν Μάιο 2003 ὁ διαπρεπὴς καθηγητὴς J. Bona.

3. Τὸ 2004 τοῦ ἀπονεμήθηκε τὸ Ἄριστεῖο τῶν Θετικῶν Ἐπιστημῶν τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν.

4. Τὸ ἔτος 2004 ἀναγορεύθηκε ἐπίτιμος διδάκτωρ τοῦ Ε.Μ.Π., τοῦ Πολυτεχνείου τῆς Κρήτης καὶ τοῦ Πανεπιστημίου Πατρῶν.

5. Ὑπὸ τοῦ Προέδρου τῆς Ἑλληνικῆς Δημοκρατίας τοῦ ἀπονεμήθηκε (18-1-2005) τὸ παράσημο Ταξίαρχης τοῦ Τάγματος τοῦ Φοίνικος.

6. Ἀνακοινώθηκε προσφάτως ὅτι τὸ Ἄριστεῖο τοῦ Ἰδρύματος Μποδοσάκη δὲ ἀπονεμηθεῖ τὸ 2006 στοὺς Ἀ. Φωκά καὶ Δ. Χριστοδούλου. Ὁ τελευταῖος ἔχει τιμηθεῖ μὲ τὸ Ἄριστεῖο τῶν Θετικῶν Ἐπιστημῶν τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν.

Οἱ δραστηριότητες τοῦ κ. Φωκά ὡς μέλους Ἐκδοτικῶν καὶ Συμβουλευτικῶν Ἐπιτροπῶν εἶναι πολλαπλές. Ἀναφέρω μερικὲς ἐξ αὐτῶν.

1. Μέλος τῆς Διεθνoῦς Συμβουλευτικῆς Ἐπιτροπῆς τοῦ Ἰνστιτούτου Μαθη-

ματικών Ἐπιστημῶν τοῦ Imperial College τοῦ Λονδίνου. Τῆς ἐπιτροπῆς αὐτῆς Πρόεδρος τυγχάνει ὁ Πρόεδρος τῆς Royal Society.

2. Συνεκδότης (co-editor), τοῦ ἔγκριτου ἐπιστημονικοῦ περιοδικοῦ Journal of Nonlinear Science, συνεργάτης τοῦ ἐκδοτικοῦ οἴκου Birkhauser, καὶ μέλος τῶν ἐκδοτικῶν ἐπιτροπῶν δεκατεσσάρων ἐπιστημονικῶν περιοδικῶν, στὰ ὁποῖα περιλαμβάνονται τὰ Proceedings of the Royal Society καθὼς καὶ τὸ περιοδικὸ Journal of Mathematical Physics.

3. Θὰ ἦταν χρονοβόρο νὰ ἀπαριθμήσω τὶς οἰκονομικὲς ἐνισχύσεις, τὶς ὁποῖες ἔλαβαν καὶ λαμβάνουν ὁ κ. Φωκᾶς καὶ οἱ συνεργάτες του στὴν ἐκτέλεση τῆς ἐπιστημονικῆς ἔρευνας. Θὰ ἀναφέρω μόνον ὅτι κατὰ τὸ χρονικὸ διάστημα ἀπὸ τὸ 1982 μέχρι καὶ σήμερα διάφοροι ὀργανισμοί, μεταξὺ τῶν ὁποίων καὶ ἡ National Science Foundation τῶν USA, δὲν ἔπαυσαν νὰ χρηματοδοτοῦν τὸ ἐκτελούμενο ἐπιστημονικὸ ἔργο.

4. Ἔδωσε, κατόπιν προσκλήσεως, περισσότερες ἀπὸ 220 ὁμιλίες σὲ συνέδρια καὶ σὲ Ἀνώτατα Ἐκπαιδευτικὰ Ἰδρύματα, ὅπως τὸ Harvard, τὸ Yale καὶ σὲ ἄλλα Πανεπιστήμια τῶν USA, τῆς Εὐρώπης καὶ τῆς Ἰαπωνίας.

#### Δημοσιεύματα.

1. Ἐδημοσίευσε ἄνω τῶν 150 πρωτοτύπων ἐρευνητικῶν ἐργασιῶν ἐκ τῶν ὁποίων στὶς περισσότερες εἶναι ὁ κύριος ἐρευνητής. Ὁφείλω νὰ τονίσω ὅτι μεταξὺ τῶν συνεργατῶν τοῦ κ. Φωκᾶ διακρίνει κανεὶς ἐπιστήμονες διεθνοῦς ἐμβέλειας, ὅπως ὁ εἰς βὰδὺ γῆρας εὕρισκόμενος σήμερα I. Gelfand.

2. Συνέγραψε μὲ συνεργάτες ἄρθρα (Ἐπισκοπήσεις-Συνθετικὲς Ἐργασίες) σὲ ἔγκριτα περιοδικὰ ὑψηλῆς στάθμης.

3. Εἶναι συγγραφέας (μὲ συνεργάτες) 10 Ἐπιστημονικῶν Συγγραμμάτων, καθὼς καὶ πολλῶν ἀνακοινώσεων σὲ πρακτικὰ συνεδρίων.

#### Τὸ ἐρευνητικὸ ἔργο τοῦ Ἀθανασίου Φωκᾶ.

Σημαντικὴ ὑπῆρξε ἡ συμβολὴ τοῦ Ἀ. Φωκᾶ στὴν Ἐπιστήμη τῶν Μαθηματικῶν καὶ ἰδίως τῶν Ἐφαρμοσμένων Μαθηματικῶν. Ἡ συμβολὴ αὐτὴ ξεκινάει ἀπὸ περιοχὰς ἐφαρμογῶν ὅπως εἶναι ἡ κατασκευὴ προτύπων (models) γιὰ τὴ Λευχαιμία (σὲ συνεργασία μὲ τὸν J. B. Keller) καὶ τὴ λύση τῶν καλούμενων «ἀντίστροφων προβλημάτων» στὴν ἔρευνα ποὺ φέρει τὴν ὀνομασία “imaging of the brain” (ἀπεικόνιση τοῦ τρόπου λειτουργίας τοῦ ἐγκεφάλου) καὶ καταλήγει

σέ περιοχές τῶν καθαρῶν μαθηματικῶν, ὅπως ἡ Γεωμετρία καί ἡ Κβαντική Ἀλγεβρα.

Σχετικά μέ τήν ἔρευνα “imaging of the brain” καί τά «ἀντίστροφα προβλήματα» πού ἀνέφερα προηγουμένως, θά ἤθελα νά σημειώσω τά ἀκόλουθα: Μιά ἠλεκτρική πηγῆ, ἡ ὁποία διεγείρεται μέ χημικά μέσα, παράγει στά νευρικά κύτταρα ἀνθρωπίνου σώματος ἠλεκτρικό ρεύμα τὸ ὁποῖο ἐν συνεχείᾳ παράγει ἀσθενές μαγνητικό πεδίο. Ἐδῶ τίθενται τὰ ἐξῆς δύο προβλήματα: Εὐδύ πρόβλημα: Ὑπολογισμός τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Ἀντίστροφο πρόβλημα: Ἀναζήτηση τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ὅταν εἶναι γνωστό τὸ μαγνητικό πεδίο.

Ὁ τρόπος μέ τὸν ὁποῖο ὁ κ. Φωκᾶς προσεγγίζει τήν ἔρευνα στά Μαθηματικά καί σέ κάποιο μέτρο στή Φυσική, μποροῦμε νά ποῦμε ὅτι δικαιολογεῖ τήν ἄποψη τοῦ I. Gelfand ὅτι ὁ κ. Φωκᾶς ἀποτελεῖ παράδειγμα ἐπιστήμονος στήν ἐποχή μας τοῦ τύπου ἐκείνων πού ὑπῆρξαν στήν Ἀναγέννηση. Αὐτὸ σημαίνει ὅτι ἡ ἔρευνά του στρέφεται συγχρόνως πρὸς πολλὰ κατευθύνσεις. Π.χ. πρόσφατα δημοσίευσε μέ συνεργάτες τίς ἐξῆς τρεῖς ἐργασίες ἀναφερόμενες σέ τρεῖς διαφορετικές περιοχές:

1. Ἐργασία σχετική μέ τὴ Γενικευμένη Μετασχηματισμένη Fourier καί τὴ μὴ-γραμμικοποίησή της (Notices-AMS).

2. Ἐργασία ἀναφερόμενη στοῦ SPECT (Single Photon Emission Computerized Tomography) (Proc. Royal Society).

3. Ἐργασία ἀναφερόμενη στήν τεταρτογενῆ δομὴ τῶν πρωτεϊνῶν (Proc. of the National Academy of Sciences).

Θὰ ἀναφερθῶ πολὺ συνοπτικά σέ μερικὰ παραδείγματα τῆς συμβολῆς τοῦ κ. Φωκᾶ στήν πρόοδο τῆς μαθηματικῆς ἐπιστήμης.

1. Εἰσήγαγε μέθοδο ἀναλύσεως μιᾶς εὐρείας κλάσεως διαφορικῶν ἐξισώσεων στὸν δισδιάστατο χῶρο, ἡ ὁποία ἀναγνωρίσθηκε ὡς ἓνα πολὺ σπουδαῖο ἐπίτευγμα στήν περιοχή τῶν Διαφορικῶν Ἐξισώσεων μέ μερικὲς παραγώγους. Γιὰ τὴν ἐργασία αὐτὴ τοῦ ἀπονεμήθηκε τὸ προαναφερθὲν Naylor Βραβεῖο ἀπὸ τὴ Μαθηματικὴ Ἑταιρεία τοῦ Λονδίνου. Ἡ ἐν λόγω μέθοδος ἀναφέρεται στή βιβλιογραφία ὡς «Μέθοδος Φωκᾶ». Τὸν Μάιο 2005 ὁργανώθηκε συνέδριο στοῦ Πανεπιστήμιου τοῦ Τέξας, ὅπου ἐκλήθη ὁ κ. Φωκᾶς νά δώσει 10 ὁμιλίες ἐπὶ τῆς συγκεκριμένης μεθόδου.

2. Σὲ συνεργασία μέ τὸν καθηγητὴ M. Ablowitz δημοσίευσε μέθοδο λύσεως προβλήματος «ἀρχικῶν τιμῶν» (initial value problem) γιὰ μὴ γραμμικὲς δια-

φορικές εξισώσεις με μερικές παραγώγους στον χώρο των τριών διαστάσεων. Η μέθοδος βοήθησε στη λύση μεγάλου αριθμού εξισώσεων που αφορούν ποικίλα φυσικά φαινόμενα.

3. Ο κ. Φωκᾶς με συνεργάτες του ἐργάσθηκε στην περιοχή των συνήθων διαφορικών εξισώσεων του τύπου Painleve. Συνέγραψε σχετικό σύγγραμμα, το οποίο θεωρήθηκε ὅτι εἶναι τὸ ἀνάλογο ἐνὸς κλασσικοῦ συγγράμματος σὲ παρόμοια περιοχή. Ἄς σημειωθεῖ ὅτι στὴν παρουσίαση ποὺ κάμνω παραμένω σκοπίμως σὲ γενικότερες διότι θὰ ἦταν δύσκολο καὶ χρονοβόρο νὰ ἐπεκταθῶ σὲ λεπτομέρειες ἀναφερόμενες στὸ περιεχόμενο αὐτοῦ τοῦ συγγράμματος.

4. Στὴν Ἱατρικὴ Ἐπιστῆμη ἢ συμβολὴ τοῦ κ. Φωκᾶ καὶ τῶν συνεργατῶν του εἶναι, ὅπως ἀνέφερα προηγουμένως, στὴν «ἀπεικόνιση τοῦ ἐγκεφάλου» (imaging of the brain).

5. Ὅρισμένες εξισώσεις καὶ τύποι, ποὺ ἀναφέρονται στὴ βιβλιογραφία, ἔχουν πάρει τὸ ὄνομα τοῦ κ. Φωκᾶ καὶ τῶν ἐκάστοτε συνεργατῶν του. Ἀναφέρω δύο μόνο παραδείγματα: α) Τύπος: Fokas - Gelfand (Comm. Math. Phys., 1996), β) Κατηγορία εξισώσεων Fokas - Liu (Phys. Rev. Lett., 1996), καὶ ὑπάρχουν τουλάχιστον ἄλλα πέντε τέτοια παραδείγματα.

6. Τὸ ISI (Institute for Scientific Information) Web Science, καταχωρεῖ τὸν Ἀ. Φωκᾶ ὡς ἓνα ἐκ τῶν πλέον ὑψηλὰ ἱσταμένων (μνημονευομένων στὴ βιβλιογραφία) ἐρευνητῶν τῶν Ἐφαρμοσμένων Μαθηματικῶν.

Ἀγαπητὲ Συνάδελφε,

Ἀπὸ ὅσα πολὺ σύντομα ἐξέθεσα, προβάλλεται, σὲ γενικὲς γραμμές, ἡ ἔκταση καὶ ἡ σημασία τῆς προσφορᾶς σας στὰ Ἐφαρμοσμένα Μαθηματικά.

Τὸ ἔργο σας, στὸ ὁποῖο διακρίνει κανεὶς ὀξυδέρκεια, διαίσθηση καὶ διορατικότητα, ἐμπλούτισε τίς γνώσεις τῶν ἐπιστημόνων καὶ τοὺς βοήθησε νὰ ἀντιληφθοῦν, μεταξύ ἄλλων, μεθόδους καὶ ἀτραπούς, οἱ ὁποῖες ὀδηγοῦν βαδύτερα στὰ ἄδυτα τῆς ἐπιστήμης.

Δημιουργήσατε, ἐσεῖς καὶ οἱ συνεργάτες σας, ἓνα νέο πλαίσιο ἔρευνας στὴν ἐπιστῆμη τῶν Ἐφαρμοσμένων Μαθηματικῶν.

Γιὰ τοὺς παραπάνω λόγους σᾶς ὑποδεχόμαστε με ἀγάπη στοὺς κόλπους τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν, τοῦ Ἰδρύματος αὐτοῦ, τὸ ὁποῖο, ἂς μὴν ξεχνοῦμε, ἀποτελεῖ στὴ σκέψη καὶ στὴ συνείδηση ὅλων μας «συνέχιση» τῆς θρυλικῆς Ἀκαδημίας τοῦ Πλάτωνος.

Σας ευχόμαστε όλοι, και εγώ ιδιαίτέρως ως ομότεγγός σας, να ενισχύσετε και από τη θέση σας αυτή την επιστήμη με γνώμονα την επιτυχία και φυσικά την αρετή.

## ΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ Ο ΕΓΚΕΦΑΛΟΣ

ΕΙΣΙΤΗΡΙΟΣ ΛΟΓΟΣ ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ κ. ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ ΦΩΚΑ

Ἐξοχότατε τ. Πρόεδρε τῆς Ἑλληνικῆς Δημοκρατίας,  
Κύριε Κ. Στεφανόπουλε,

Εὐχαριστῶ τὸν φίλατο Πρόεδρο τῆς Ἀκαδημίας Κύριο Ρούκουνα γιὰ τὰ φιλόφρονα λόγια του καὶ τὴν ἐκδήλωση τῶν φιλικῶν του συναισθημάτων. Ἰδιαίτερα εὐχαριστῶ τὸν φίλατο Ἀκαδημαϊκὸ Κύριο Ἀρτεμιιάδη γιὰ τὴν ἐμπιστοσύνη του πρὸς ἐμένα καὶ γιὰ τὸν χρόνο ποὺ ἀφιέρωσε, ὥστε νὰ παρουσιάσει τὸ ἔργο μου συνοπτικὰ καὶ κατανοητὰ.

Θεωρῶ τιμὴ μου, ὅτι εἶμαι ὁ βος Μαθηματικὸς ποὺ ἐκλέγεται στὴν Ἀκαδημία Ἀθηνῶν, μετὰ ἀπὸ τοὺς καθηγητὲς Καραθεοδωρῆ, Ζερβό, Βασιλείου, Πυλαρινὸ καὶ Ἀρτεμιιάδη. Εἶμαι βαθύτατα συγκινημένος ποὺ μιλῶ ἀπὸ τὸ βῆμα ἀπὸ τὸ ὁποῖο κάποτε μιλοῦσε ὁ Κωνσταντῖνος Καραθεοδωρῆ, ὁ μεγαλύτερος Ἑλληνας ἐπιστήμων ἀπὸ τὴν ἐποχὴ τῆς ἀρχαιότητος. Νομίζω ὅτι εἶναι σημαντικό ποὺ ἡ Ἀκαδημία δημιούργησε γιὰ πρώτη φορὰ στὴν Ἱστορία τῆς Ἑδρα Ἐφηρμοσμένων Μαθηματικῶν, ἀναγνωρίζοντας μὲ αὐτὸ τὸν τρόπο τὴ σπουδαιότητα αὐτοῦ τοῦ κλάδου. Λαμβάνοντας ὑπόψη ὅτι ὑπάρχουν ἐξαιρετικοὶ Ἑλληνες Μαθηματικοὶ καὶ στὴν Ἑλλάδα καὶ στὸ ἐξωτερικόν, θὰ ἤθελα νὰ εὐχαριστήσω θερμότατα τοὺς σεβαστοὺς Ἀκαδημαϊκοὺς ποὺ διάλεξαν ἐμένα νὰ ἐκπροσωπήσω τὰ Ἐφαρμοσμένα Μαθηματικά. Μὲ τὴν εὐκαιρία αὐτὴ θὰ ἤθελα ἐπίσης νὰ εὐχαριστήσω τοὺς συναδέλφους μου γιὰ τὸ Ἄριστεῖο τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν καὶ ἰδιαίτερα τὸν Γεν. Γραμματέα τῆς Ἀκαδημίας κ. Ματσανιώτη γιὰ τὴν παρουσίαση τῆς εἰσήγησής κατὰ τὴν τελετὴ τῆς ἀπονομῆς.

Στὸ ἐπιστημονικὸ μου ἔργο σημαντικὸ ρόλο ἔχουν παίξει ἀφενὸς μὲν δασκαλοὶ καὶ καθηγητὲς μου, ἀφετέρου δὲ οἱ πολυάριθμοι συνεργάτες μου, στοὺς

όποιους βέβαια ανήκει μεγάλο μέρος αυτής της τιμής. Όσον αφορά συνεργάτες, επιτρέψτε μου στο σημείο αυτό να ανοίξω μία παρένθεση και να αναφερθώ στον John Enders που πριν από 51 χρόνια, αυτό τον μήνα, του ανακοινώθηκε ότι θα έλάμβανε το βραβείο Nobel στην Ιατρική για την ανακάλυψη ότι ο ιός της πολυομελίτιδας μπορεί να καλλιεργηθεί σε μη νευρικά κύτταρα (αυτό οδήγησε τους Salk και Sabin στην κατασκευή έμβολιού και τελικά στην παγκόσμια εξάλειψη της πολυομελίτιδας). Ο John Enders αρνήθηκε να δεχθεί το βραβείο μόνος του, το οποίο τελικά άπονεμήθηκε σε αυτόν και στους δύο συνεργάτες του. Κλείνοντας αυτή την παρένθεση τονίζω ότι το περιστατικό αυτό μάς υπενθυμίζει ότι κάθε μεγάλη ανακάλυψη, όσο και αν φαίνεται εκ πρώτης όψεως ότι είναι προϊόν κάποιας θυμαστικής μεγαλοφύας, στην ουσία είναι αποτέλεσμα συλλογικότητας. Ιδιαίτερα, το μεγαλειώδες οικοδόμημα των Μαθηματικών χτίζεται πάνω από δύο χιλιάδες χρόνια, με τις επίπονες προσπάθειες ενός τεράστιου αριθμού έρευνητών.

Πριν αρχίσω το κυρίως θέμα της ομιλίας μου, θα ήθελα να αναφερθώ σύντομα στην Ακαδημία Αθηνών. Η Ακαδημία μπορεί να θεωρηθεί ή συνέχεια της Ακαδημίας του Πλάτωνος, δηλαδή της αρχαιότερης Ακαδημίας και ως εκ τούτου, εκ των πραγμάτων είναι μία από τις πιο φημισμένες Ακαδημίες του κόσμου. Αναφέρω ως παράδειγμα ότι στο μήνυμά του για την εκλογή μου, ο Peter Lax, μέλος πολλών Ακαδημιών, που πρόσφατα τιμήθηκε με το βραβείο Abel, έγραψε: «Θερμότατα συγχαρητήρια για την εκλογή σας στην Ακαδημία» (to the Academy). Η διεθνής αναγνώριση της Ακαδημίας είναι συνεπής με το υψηλό επίπεδο των μελών της και το σημαντικό έργο που παράγει. Δυστυχώς, αυτό το έργο δεν είναι γνωστό στο ευρύτερο κοινό. Αυτό είναι ίσως ο κυριότερος λόγος που η Ακαδημία δεν απολαμβάνει στην Ελληνική κοινωνία την ευρύτερη καταξίωση που της άρμόζει. Ως παράδειγμα αναντιστοιχίας μεταξύ έργου και ενημέρωσης, αναφέρω το Ιατροβιολογικό Κέντρο. Το πρωτοποριακό και άκρως έντυπωσιακό αυτό δημιούργημα της Ακαδημίας Αθηνών και ιδιαίτερα του εξαίρετου Ακαδημαϊκού κυρίου Σκαλκιά, παραμένει σχεδόν άγνωστο ακόμη και στον Ιατρικό χώρο. Η Ακαδημία πρέπει να κάνει μεγαλύτερη προσπάθεια διαφώτισης της κοινωνίας, όχι μόνο για το έργο της, αλλά και γενικότερα τόσο για τα μεγάλα επιτεύγματα της ανθρώπινης διάνοιας, όσο και για τα μεγάλα σύγχρονα προβλήματα και τις πιθανές λύσεις τους.

Η κυρίως ομιλία μου αποτελείται από δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος θα δείξω



ὅτι τὰ Μαθηματικά παίζουν ὄλο και βαθύτερο ρόλο στὴ μελέτη τῆς λειτουργίας τοῦ ἐγκεφάλου. Στὸ δεύτερο μέρος θὰ παρουσιάσω τὴ θέση (χωρὶς ὅμως νὰ τὴν ἀποδείξω) ὅτι, ἀπὸ τὴν ἄλλη μεριά, ἡ μελέτη τῆς λειτουργίας τοῦ ἐγκεφάλου εἶναι ἀπαραίτητη γιὰ τὴν κατανόηση τῆς οὐσίας τῶν Μαθηματικῶν.

### Μέρος Α΄

Πρὶν ἀρχίσει ἡ μελέτη τῆς λειτουργίας τοῦ ἐγκεφάλου ἦταν ἀπαραίτητη ἡ μελέτη τῶν περιφερειακῶν νευρικῶν κυττάρων. Σὲ αὐτὴ τὴ μελέτη ἡ συνεισφορά τῶν μαθηματικῶν ὑπῆρξε σημαντική. Συγκεκριμένα ὁ μεγάλος μαθηματικὸς Helmholtz μέτρησε γιὰ πρώτη φορὰ νευρικοὺς παλμούς τὸ 1875. Τὸ 1963 ὁ Huxley και Hodgkin ἀπὸ τὸ Cambridge, πῆραν τὸ βραβεῖο Nobel στὴν Ἰατρική γιὰ τὴν ἄκρως μαθηματικὴ τους μελέτη τοῦ μηχανισμοῦ διάδοσης παλμῶν στοὺς περιφερειακοὺς νευρώνες. Τὸ μαθηματικὸ τους μοντέλο στηρίχθηκε στὴν ὑπόθεση ὑπαρξῆς ἰοντικῶν διαύλων, γεγονός πὺ ἐπαληθεύθηκε πολὺ ἀργότερα πειραματικὰ μὲ τὴ μέτρηση ἀπειροελάχιστων ἰοντικῶν ρευμάτων ἀπὸ τοὺς Sakmann και Neher (βραβεῖο Nobel 1991).

Ὅσον ἀφορᾷ τὸν ἐγκέφαλο, τὰ ἐκπληκτικὰ ἐπιτεύγματα στὴ γενετική, στὴ μοριακὴ βιολογία, στὶς ὑπολογιστικὲς προσομοιώσεις και στὶς ἀπεικονιστικὲς τεχνικὲς, ὀδήγησαν στὴν ἀνακήρυξη τῆς δεκαετίας τοῦ 1990 ὡς τὴ «Δεκαετία τοῦ Ἐγκεφάλου». Ὁ ρόλος τῶν μαθηματικῶν στὶς ὑπολογιστικὲς προσομοιώσεις εἶναι πρωτοφανῆς. Κατὰ συνέπεια θὰ ἐστιασθῶ στὴ σπουδαιότητα τῶν μαθηματικῶν στὶς ἀπεικονιστικὲς τεχνικὲς, ἀρχίζοντας ἀπὸ τὴν ἀξονικὴ τομογραφία. Αὐτὴ εἶναι ἡ ὑπολογιστικὴ ἀνακατασκευὴ μιᾶς συγκεκριμένης μαθηματικῆς συνάρτησης, πὺ λέγεται «συντελεστὴς ἀπόσβεσης ἀκτίνων X», και πὺ ἀντανακλᾷ τὴν πυκνότητα τῶν ἰσθῶν. Ὁ Allan Cormack, πὺ ἀνακάλυψε τὸν ἀξονικὸ τομογράφο, στὴν ὁμιλία του κατὰ τὴν ἀπονομὴ τοῦ Nobel τὸ 1979, ἀναφέρει: «Ἦταν προφανὲς ὅτι τὸ πρόβλημα τῆς ἀξονικῆς τομογραφίας εἶναι καθαρὰ ἓνα μαθηματικὸ πρόβλημα». Και στὴ συνέχεια ἐξηγεῖ ὅτι αὐτὸ τὸ μαθηματικὸ πρόβλημα συνίσταται στὴν εὑρεση μιᾶς συνάρτησης ἀπὸ τὴ γνώση τοῦ ὀλοκλήρωματος κατὰ μῆκος μιᾶς εὐθείας. Αὐτὸ τὸ ὀλοκλήρωμα ὀνομάζεται μετασχηματισμὸς Radon. Κατὰ συνέπεια τὸ βασικὸ μαθηματικὸ πρόβλημα τῆς ἀξονικῆς τομογραφίας εἶναι ἡ εὑρεση μιᾶς συνάρτησης ἀπὸ τὴ γνώση τοῦ ἀντίστοιχου μετασχηματισμοῦ Radon. Παρόλο πὺ ἡ λύση αὐτοῦ τοῦ μαθηματικοῦ προβλήματος, δηλαδὴ ἡ κατασκευὴ τοῦ ἀντίστροφου μετασχηματισμοῦ Radon,

ήταν γνωστή από το 1917, ό Cormack τό έμαθε μόλις τό 1970. Η ανακάλυψη του άξονικού τομογράφου και άργότερα του μαγνητικού τομογράφου, για τήν ανακάλυψη του όποιου άπενεμήθη τό Nobel στον Sir Peter Mansfield τό 2003, επέτρεψαν για πρώτη φορά τήν άπεικόνιση τής ανατομίας του έγκεφάλου. Η άπεικόνιση τής λειτουργίας του έγκεφάλου άρχισε νά γίνεται δυνατή πολύ άργότερα με τήν ανακάλυψη τριών καινούργιων άπεικονιστικών τεχνικών: του λειτουργικού μαγνητικού τομογράφου, του PET και του SPECT. Είναι καταπληκτικό ότι σήμερα μπορούμε νά παρατηρούμε τον έγκεφαλο έν λειτουργία με όλοένα και μεγαλύτερη άκρίβεια. Για παράδειγμα μπορούμε νά βλέπουμε ποιό άκριβώς κομμάτι του έγκεφάλου ένεργοποιείται όταν λύνουμε μία μαθηματική έξίσωση.

Τό PET και τό SPECT στηρίζονται στο γεγονός ότι ό έγκεφαλος ως πηγή ένεργειας χρησιμοποιεί μόνο γλυκόζη και όχι λίπη και πρωτεΐνες, κατά συνέπεια, άν έχουμε τρόπο νά παρακολουθούμε τήν τοπική κατανάλωση γλυκόζης, τότε μπορούμε νά ξέρουμε ποιές περιοχές του έγκεφάλου είναι πιό ένεργοποιημένες. Αυτό επιτυγχάνεται ως εξής: στο PET δίνεται ένδοφλεβίως FDG, τό όποιο είναι γλυκόζη συνδεδεμένη με ραδιοενεργό φόριο. Τό φόριο ύπόκειται σε ραδιοενεργό διάσπαση, εκπέμπει ένα πρωτόνιο, τό όποιο συγκρούμενο με ένα ηλεκτρόνιο άπελευθερώνει ένεργεια σε μορφή δύο ακτίνων γ, τις όποιες καταγράφει τό PET scanner. Τό SPECT χρησιμοποιεί ουσίες που εκπέμπουν φωτόνια άντι πρωτόνια.

Ποιός είναι ό ρόλος των Μαθηματικών στο PET και στο SPECT; Καθοριστικός. Λόγω κάποιας τυχαίας άπλοποίησεως, τά μαθηματικά του PET είναι άκριβώς τά ίδια με αυτά του άξονικού τομογράφου. Τά μαθηματικά όμως του SPECT είναι πολύ πιό δύσκολα. Συγκεκριμένα τό SPECT στηρίζεται στον έξασθενούμενο μετασχηματισμό Radon, για τον όποιο τό πρόβλημα τής αντιστροφής παρέμεινε μέχρι προσφάτως άλυτο. Συνέπεια αυτής τής μαθηματικής δυσκολίας είναι ότι ή ύψηλή ανάλυση (άκρίβεια) του SPECT δεν είναι τόσο καλή όσο του PET. Όπως ανέφερε ό Άκαδημαϊκός κος Άρτεμιάδης, τό μαθηματικό αυτό πρόβλημα έχει τώρα λυθεί. Έλπίζουμε ότι αυτό θά όδηγήσει στη βελτίωση τής άκρίβειας του SPECT. Πράγματι, ό άλγόριθμος που αναπτύξαμε στο Cambridge δοκιμάζεται στο Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο UCL του Λονδίνου με ένθαρρυντικά άποτελέσματα. Η βελτίωση του SPECT θά είναι πολύ χρήσιμη, γιατί τό SPECT, σε αντίθεση με τό PET, δεν άπαιτεί τήν κοντινή ύπαρξη κυκλότρου και

κατά συνέπεια μπορεί να υπάρχει σε κάθε επαρχιακό νοσοκομείο. Άνοιγοντας εδώ μια παρένθεση αναφέρω ότι αυτή η λύση ήταν μία απλή εφαρμογή μιας καινούργιας μεθόδου αναλυτικής αντιστροφής μιας μεγάλης κατηγορίας ολοκληρωματικών μετασχηματισμών. Αυτή η μέθοδος, που παρουσιάστηκε σε μία κοινή μας δημοσίευση με τον Gelfand (ίσως τον μεγαλύτερο εν ζωή μαθηματικό), ήταν με τη σειρά της η εφαρμογή σε γραμμικά προβλήματα μιας γενικότερης μεθόδου που είχαμε αναπτύξει με άλλους ερευνητές για μη-γραμμικά προβλήματα. Αυτό το αναφέρω για να τονίσω ότι όρισμένες φορές στα μαθηματικά η γνώση δεν αναπτύσσεται από το ευκολότερο στο δυσκολότερο, αλλά ανάποδα από το δυσκολότερο (το μη-γραμμικό) στο ευκολότερο (το γραμμικό).

Οι εφαρμογές των PET και SPECT είναι τόσο πολυάριθμες, που θα χρειάζομαι αρκετές διαλέξεις για να αναφέρω μόνο μερικές από αυτές. Υπάρχουν σημαντικές εφαρμογές από τη διάγνωση της σχιζοφρένειας και της νόσου Άλτσχάϊμερ, μέχρι τη διαλεύκανση της ήμικρανίας και της έπιληψίας. Ένδεικτικά αναφέρω ότι σημαντικότερο ρόλο στη λειτουργία του εγκεφάλου παίζουν όρισμένες ουσίες που ονομάζονται νευροδιαβιβαστές, για παράδειγμα η ντοπαμίνη και η σεροτονίνη. Όπως το φθόριο ενώνεται με τη γλυκόζη, ανάλογα υπάρχουν σεσημασμένες ουσίες που ενώνονται με την ντοπαμίνη και τη σεροτονίνη. Κατά συνέπεια είναι δυνατή η μελέτη διαφόρων νευροδιαβιβαστών in vivo με εκπληκτικά αποτελέσματα στη νευροφαρμακολογία. Για παράδειγμα, τώρα γνωρίζουμε ότι στη σχιζοφρένεια υπάρχει χαμηλότερη δράση ντοπαμίνης στον πρό-μετοπικό φλοιό (που οδηγεί στα λεγόμενα αρνητικά συμπτώματα όπως έπιπεδότητα συναισθημάτων) και υψηλότερη δράση στις υποφλοιώδεις και βαθύτερες περιοχές (που οδηγεί στα θετικά συμπτώματα όπως ψευδαισθήσεις και άνωμαλίες κινήσεως).

Πρέπει να τονισθεί ότι αυτές οι καινούργιες καταπληκτικές τεχνικές όχι μόνο βοηθούν στην κατανόηση της λειτουργίας του εγκεφάλου, αλλά είναι επίσης εξαιρετικά χρήσιμες σε πολλές περιοχές της Ιατρικής, από τη Νευρολογία και την Ψυχιατρική μέχρι την Ογκολογία και την Καρδιολογία. Για παράδειγμα, μία μελέτη στην Αγγλία που δημοσιεύθηκε πρό μηνών, έδειξε ότι μία στις 4 έγχυσεις για καρκίνο του πνεύμονος αντενδείκνυτο, γιατί υπήρχαν ήδη μεταστάσεις που, ενώ δεν τις έβλεπε ο άξονικός τομογράφος, τις έβλεπε το PET. Νομίζω ότι, όπως σήμερα δεν μπορούμε να διανοηθούμε την ιατρική χωρίς άξονικό

και μαγνητικό τομογράφο, σέ δέκα χρόνια δέν θά μπορούμε νά διανοηθούμε τήν ιατρική χωρίς PET και SPECT.

Ὁ ἀνθρώπινος ἐγκέφαλος, ἀπό πλευρᾶς λειτουργικότητας εἶναι ἡ πολυπλοκότερη δομή στό γνωστό σύμπαν. Τό μεγαλύτερο ἐπίτευγμα τοῦ ἐγκεφάλου εἶναι τὸ ὅτι δημιουργεῖ συνειδήση. Ἀλλά μέ ποιό τρόπο ἡ ἐνεργοποίηση τῶν νευρικῶν κυττάρων γεννᾷ ὑποκειμενικές αἰσθήσεις, σκέψεις, μνήμες; Γιά τή μελέτη τῆς δυναμικῆς τοῦ ἐγκεφάλου, οἱ παραπάνω τεχνικές δέν εἶναι κατάλληλες γιατί εἶναι σχετικᾶ ἀργές (δέν δίνουν ἀποτελέσματα σέ πραγματικό χρόνο). Ἡ μόνη ὑπάρχουσα κατάλληλη τεχνική εἶναι ἡ μαγνητοεγκεφαλογραφία. Ἀνοίγοντας μία παρένθεση ἀναφέρω ὅτι ὀρισμένοι Νομπελίστες, ὅπως ὁ Crick και ὁ Edelman, μόλις πῆραν τὸ Νόμπελ ἐγκατέλειψαν τήν περιοχή τους και ἀσχολήθηκαν μέ τὸ θεμελιώδες πρόβλημα τῆς συνειδήσης. Ὁ Edelman στό περίφημο βιβλίο του «Πῶς ἡ ὕλη γίνεται ἐνόραση» καθώς και στό τελευταῖο του βιβλίο, χρησιμοποιεῖ πειραματικά δεδομένα μόνο ἀπό μαγνητοεγκεφαλογραφία. Σχετικᾶ μέ τὰ μαθηματικά αὐτῆς τῆς τεχνικῆς ἦταν ἤδη γνωστό ἀπό τὸν Helmholtz ὅτι τὸ συγκεκριμένο μαθηματικό πρόβλημα ὑπολογισμοῦ τοῦ ρεύματος ἀπό τή μέτρηση τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου πού δημιουργεῖ, δέν ἔχει μοναδική λύση. Ὁ ἀκριβῆς ὅμως ἀναλυτικός προσδιορισμός αὐτῆς τῆς μὴ μοναδικότητος παρέμενε ἄλυτος ἀπό τὸ 1860. Πρόσφατα, πάλι σέ συνεργασία μέ τὸν Gelfand, ἀφενὸς μὲν λύσαμε αὐτὸ τὸ πρόβλημα, ἀφετέρου δὲ δείξαμε ὅτι, ἂν ὑποθέσουμε ὅτι τὸ ρεῦμα στὸν ἐγκέφαλο εἶναι τέτοιο ὥστε νά ἐλαχιστοποιεῖ τήν ἐνέργεια, τότε ἡ λύση εἶναι μοναδική και ἐπίσης ἀναλυτική. Ἡ μελέτη γιά τήν ἐπέκταση αὐτῆς τῆς ἀνάλυσης σέ πιὸ ρεαλιστικό μοντέλο τοῦ ἐγκεφάλου και ἡ ἐπαλήθευση τοῦ ἀλγορίθμου, πού θά προκύψει χρησιμοποιώντας πραγματικά δεδομένα ἀπό τὸ τμήμα Νευροχειρουργικῆς τοῦ Πανεπιστημιακοῦ Νοσοκομείου τοῦ Texas, ἦταν ἓνα ἀπὸ τὰ δέκα μόνο ἐρευνητικά προγράμματα σέ ὅλες τῖς περιοχὲς ἐπιστήμης και τεχνολογίας ἀπὸ ὅλη τήν Εὐρώπη πού μόλις χρηματοδοτήθηκε ἀπὸ τήν Εὐρωπαϊκὴ Ἐνωση.

### Μέρος Β'

Τὸ δεύτερο μέρος τῆς ὁμιλίας μου θά εἶναι συντομότερο ἀπὸ τὸ πρῶτο. Ἐπειδὴ αὐτὸ τὸ μέρος ἔχει και φιλοσοφική διάσταση, τίθεται ἀμέσως τὸ ἐρώτημα κατὰ πόσον ἔχει νόημα γιά ἓνα μαθηματικό νά φιλοσοφεῖ, ἰδιαίτερα ἐνώπιον

των εξαιρετων Φιλοσόφων Ακαδημαϊκῶν. Σχετικὰ μὲ τὸ ἐρώτημα αὐτὸ ἐπιτρέψτε μου νὰ κάνω δύο παρατηρήσεις: α) Ὁ Πλάτωνας, ποὺ τόνισε τὴ σχέση μεταξύ Μαθηματικῶν καὶ Φιλοσοφίας, θεωροῦσε τὰ Μαθηματικὰ σὰν προπαρασκευαστικὸ μάθημα γιὰ τὴ Φιλοσοφία. Εἶναι ἐξάλλου γνωστὸ ὅτι ὑπάρχουν πολλὲς ὁμοιότητες μεταξύ Φιλοσοφίας καὶ Μαθηματικῶν. Γιὰ παράδειγμα, εἶναι οἱ δύο πιὸ ἀφηρημένες ἐπιστῆμες, καθὼς ἐπίσης καὶ στίς δύο αὐτὲς ἐπιστῆμες ἡ ὀρθολογικότητα παίζει κυρίαρχο ρόλο· β) Ἡ ἀναζήτηση τῆς ἀλήθειας διὰ μέσου τῆς ἐπιστημονικῆς ἔρευνας ἀναπόφευκτα γεννᾷ ὄλο καὶ πιὸ βαθιὰ καὶ πολυσύνθετα ἐρωτήματα, ποὺ μὲ τὴ σειρά τους ὀδηγοῦν στὴν τάση γιὰ μία ἐνοποιημένη ἀντιμετώπισή τους καὶ κατὰ συνέπεια στὴ φιλοσοφία.

Ἐν πάσῃ περιπτώσει οἱ δικές μου φιλοσοφικὲς τοποθετήσεις ἀφοροῦν μόνον στὴ σχέση μαθηματικῶν καὶ ἐγκεφάλου.

Δὲν ὑπάρχει ἀμφιβολία ὅτι οἱ πιὸ πολλοὶ ἀπὸ τοὺς μεγάλους μαθηματικοὺς εἶναι Πλατωνιστές. Ὅπως εἶναι εὐρύτατα γνωστὸ, ὁ Πλάτωνας μιλοῦσε γιὰ ἓνα κόσμο ἰδεῶν ὁ ὁποῖος ὑπάρχει ἀνεξάρτητα ἀπὸ ἐμᾶς σὲ μιὰ ἄλλη πραγματικότητα. Οἱ Πλατωνιστὲς Μαθηματικοὶ πιστεύουν ὅτι σὲ αὐτὸν ἀκριβῶς τὸν κόσμο κατοικοῦν καὶ θεμελιώδεις μαθηματικὲς σχέσεις, τίς ὁποῖες ἐμεῖς ἀπλῶς προσπαθοῦμε νὰ ἀνακαλύψουμε. Δηλαδή, δὲν δημιουργοῦμε ἀλλὰ ἀνακαλύπτουμε Μαθηματικά. Θὰ ἤθελα νὰ παρουσιάσω δύο ἐπιχειρήματα ὑπὲρ αὐτῆς τῆς ἀπόψεως: α) Ὑπάρχει πειραματικὴ ἐπιβεβαίωση ὅτι οἱ βασικοὶ νόμοι τῆς φύσεως ἐκφράζονται μὲ μαθηματικὲς ἐξισώσεις. Γιὰ παράδειγμα οἱ νόμοι τῆς Κβαντομηχανικῆς ἐκφράζονται μὲ τὴν περίφημη ἐξίσωση τοῦ Schrödinger καὶ οἱ νόμοι τῆς Θεωρίας τῆς Γενικῆς Σχετικότητος μὲ τίς ἐξισώσεις τοῦ Einstein. Εἶναι ἐπίσης γνωστὸ ὅτι, ἐπειδὴ οἱ δύο παραπάνω βασικὲς θεωρίες εἶναι ἀσυμβίβαστες, ἡ μεγάλη πρόκληση σήμερα τῶν θεωρητικῶν φυσικῶν εἶναι νὰ ἀνακαλύψουν μία καινούργια θεωρία. Κατὰ συνέπεια ὁ συνάδελφός μου Steven Hawking στὸ Cambridge καὶ ἄλλοι μεγάλοι θεωρητικοὶ φυσικοὶ προσπαθοῦν νὰ ἀνακαλύψουν ἓνα καινούργιο μαθηματικὸ φορμαλισμὸ ποὺ θὰ ἐνοποιεῖ ὅλες τίς φυσικὲς ἀλληλοεπιδράσεις. Προφανῶς αὐτὸς ὁ μαθηματικὸς φορμαλισμὸς ἤδη κατοικεῖ στὸν κόσμον τοῦ Πλάτωνα. Ἐδῶ πρέπει νὰ τονίσω ὅτι ὅσο πιὸ πολὺ βαθαίνει ἡ σχέση Μαθηματικῶν καὶ Θεωρητικῆς Φυσικῆς τόσο καὶ φαίνεται πιὸ καθαρὰ ὅτι σὲ μεγάλο βαθμὸ ἀποτελοῦν ἓνα ἐνιαῖο σύνολο. Κατὰ συνέπεια τόσο πιὸ πολὺ ἀποκτοῦν Πλατωνικὴ ὑπόσταση μεγάλες κατηγορίες ἀφηρημένων Μαθηματικῶν, ὅπως ἡ μὴ Riemannian Γεωμετρία, ἡ Τοπολογία, ἡ Ἀλγεβρικὴ Γεωμετρία καὶ ἡ Θεωρία Ἀριθμῶν. Γιὰ παράδειγμα, ὅπως τονίζει ὁ A. Connes, ἡ Κβαντομηχα-

νική οδηγεί αναπόφευκτα στη μη-άντιμεταθετική Γεωμετρία και με αυτό τον τρόπο της δίνει αντικειμενική υπόσταση. 6) Γνωρίζουμε ήδη από το 1931, βάσει του περίφημου θεωρήματος του Gödel πώς καμία μαθηματική λογική δεν είναι πλήρης. Δηλαδή, δεν υπάρχει κανένα σύστημα, στο οποίο αρχίζοντας από ένα πεπερασμένο αριθμό αξιωμάτων τα οποία έχουμε επινοήσει (τους κανόνες λογικής αυτού του συστήματος), να μπορούμε να απαντήσουμε αν οποιαδήποτε πρόταση σε αυτό το σύστημα είναι αληθινή ή όχι. Αυτό συνήθως χρησιμοποιείται ως τεκμηρίωση της αδυναμίας των Μαθηματικών. Κατά τη γνώμη μου όμως το θεώρημα του Gödel εκφράζει ακριβώς και το αντίθετο, ότι δηλαδή μέσα στα Μαθηματικά συστήματα υπάρχει περισσότερη πληροφορία, περισσότερη «αλήθεια», αν θέλετε, από αυτή που εμείς μπορούμε να αποδείξουμε. Για παράδειγμα, αφού αληθείς προτάσεις για τους θετικούς άκεραιους αριθμούς δεν μπορούν να αποδειχθούν με κανένα πεπερασμένο αριθμό αξιωμάτων, αυτό σημαίνει ότι αυτό το σύστημα περιέχει άπειρη πληροφορία. Μά αυτό ακριβώς είναι ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά της αντικειμενικής πραγματικότητας, ή αδυναμία μας δηλαδή να την περιγράψουμε με πεπερασμένο αριθμό προτάσεων.

Πολλοί διανοούμενοι έχουν ασχοληθεί με τη γνωστή θέση του Νομπελίστα Wigner για την «Παράλογη αποτελεσματικότητα των Μαθηματικών», με το γεγονός δηλαδή ότι τα Μαθηματικά είναι πολύ πιο αποτελεσματικά από ό,τι θα περιμέναμε. Λαμβάνοντας όμως υπόψη, αφενός μεν ότι οι βασικοί νόμοι της φύσης παίρνουν τη μορφή μαθηματικών εξισώσεων, αφετέρου δε ότι, όπως παρατήρησα παραπάνω, μελετιώδη μαθηματικά συστήματα περιέχουν άπειρη πληροφορία, τότε νομίζω ότι η παράλογη αποτελεσματικότητα των Μαθηματικών γίνεται λογικότητα.

Κατά τη γνώμη μου το κύριο ερώτημα δεν είναι ούτε γιατί τα μαθηματικά είναι τόσο αποτελεσματικά ούτε το αν εμείς ανακαλύπτουμε μαθηματικά, αλλά το πώς τα ανακαλύπτουμε. Μόνο η μελέτη του εγκεφάλου μπορεί να απαντήσει σε αυτό το βασικό ερώτημα. Πιστεύω ότι ο εγκεφάλος έχει ορισμένους βασικούς μηχανισμούς με τους οποίους προσεγγίζει την πραγματικότητα. Αυτοί οι μηχανισμοί, εκδηλώνονται και συγκεκριμενοποιούνται ανάλογα με το αντικείμενο με το οποίο ασχολείται. Η έκφραση αυτών των μηχανισμών στον χώρο της γλωσσολογίας οδηγούν στην Universal Language του Chomsky.

Σε αυτή την πρώτη μου ομιλία από το βήμα της Ακαδημίας θα ήθελα να θέσω το εξής ερώτημα: Ποιοί είναι οι συγκεκριμένοι μηχανισμοί του εγκεφάλου που μας οδηγούν στο μαθηματικό φορμαλισμό; Πιστεύω ότι, όπως ο εγκεφάλος

έχει έμφυτη ικανότητα να παράγει γραμματική, δηλαδή δομή γλώσσας, ανάλογα έχει και έμφυτη ικανότητα να παράγει μαθηματική δομή. Είναι για μένα πολύ παράξενο ότι, ενώ υπάρχει μεγάλη κατηγορία έρευνητών που ασχολούνται άκριβώς με αυτό το έρώτημα για τη Γλωσσολογία, το ανάλογο έρώτημα για τα Μαθηματικά είναι τελείως ανεξερεύνητο. Νομίζω ότι αυτή η έρευνα είναι απαραίτητη για πολλούς λόγους: Έκτός από τους προφανείς, τους παιδαγωγικούς, ίσως να έχει σημαντικό αντίκτυπο στην ικανότητά μας να ανακαλύπτουμε μαθηματικές δομές, με άυπολόγιστες συνέπειες στην προσπάθειά μας να κατανοήσουμε το σύμπαν. Επίσης, επειδή ο μηχανισμός λειτουργίας του έγκεφάλου είναι κοινός, ανεξάρτητος από τους τομείς ειδίκευσης, έγκεφαλικοί κώδικες, που θα ανακαλυφθούν για τα Μαθηματικά, θα μπορεί να επεκταθούν και να χρησιμοποιηθούν και σε άλλες περιοχές. Τέλος, η μελέτη του παραπάνω έρωτήματος, ίσως διαφωτίσει δύο σημαντικότερες πτυχές τής λειτουργίας του έγκεφάλου: Τήν ικανότητά του να κάνει υπερβολικά γρήγορα συσχετισμούς πολύ άπομακρυσμένους από το αρχικό έρέθισμα, και την ικανότητά του να προσεγγίζει την αλήθεια και με μη αλγοριθμικό τρόπο. Θα ήταν πραγματικά υπέροχο αν τελικά κατορθώναμε να εμπλουτίσουμε τα Μαθηματικά με το αντίθετό τους, δηλαδή με μη αλγοριθμικά στοιχεία.

Σεβαστοί Ακαδημαϊκοί,  
Κυρίες και Κύριοι,

Με την έκλογή μου στην Ακαδημία Αθηνών μου άπενεμήθη η Ύψιστη των τιμών. Αυτό βέβαια μου δημιουργεί βαθύτατη συγκίνηση. Οί συγκινήσεις όμως είναι παροδικές. Αυτό που θα παραμείνει για πάντα είναι το βαθύτατο αίσθημα ευθύνης. Τα τελευταία χρόνια μου έχουν άποδοσει μεγάλες τιμές, και στην Ελλάδα και στο έξωτερικό, κατά τη γνώμη μου δυσανάλογες με τη μέχρι τώρα προσφορά μου. Για κάθε τιμώμενο οί τιμές που του άπονέμονται έχουν διαφορετική σημασία. Για μένα αυτή η σημασία είναι άπλή. Άποτελούν κατάθεση προσδοκιών για τη συνέχιση τής πορείας μου. Αυτός είναι ο λόγος που με κάθε καινούργια τιμή μεγαλώνει ακόμα περισσότερο το αίσθημα ευθύνης. Είμαι αισιόδοξος ότι αυτή η πορεία θα συνεχιστεί. Αυτή η αισιοδοξία στηρίζεται όχι μόνο στο γεγονός ότι το πάθος μου για την έρευνα παραμένει μέγιστο, αλλά επίσης στο ότι αυτή την περίοδο ασχολούμαι με πάνω άπο 40 έρευνητικά προγράμματα με έξαιρετικούς συνεργάτες. Πάνω άπο όλα όμως, η αισιοδοξία μου πηγάζει άπο

τὸ γεγονός ὅτι ἔχω μία ὑπέροχη οἰκογένεια πού με στηρίζει πραγματικά καὶ πού τὴν λατρεύω, τὴ Ρεγγίνα, τὸν Ἀλέξανδρο, τὴν Ἀναστασία καὶ τὴν Ἰωάννα.

Ἡ παρουσία ὅλων ἐσᾶς ἐδῶ, ὄχι μόνο με τιμᾶ καὶ με συγκινεῖ, ἀλλὰ καὶ δίδει καινούργια ᾠθηση στὴ δημιουργική μου προσπάθεια. Κυρίως γιὰ τὸ λόγο αὐτό, ἀλλὰ καὶ γιὰ τὴν ὑπομονή σας, σᾶς εἶμαι εὐγνώμων.

---