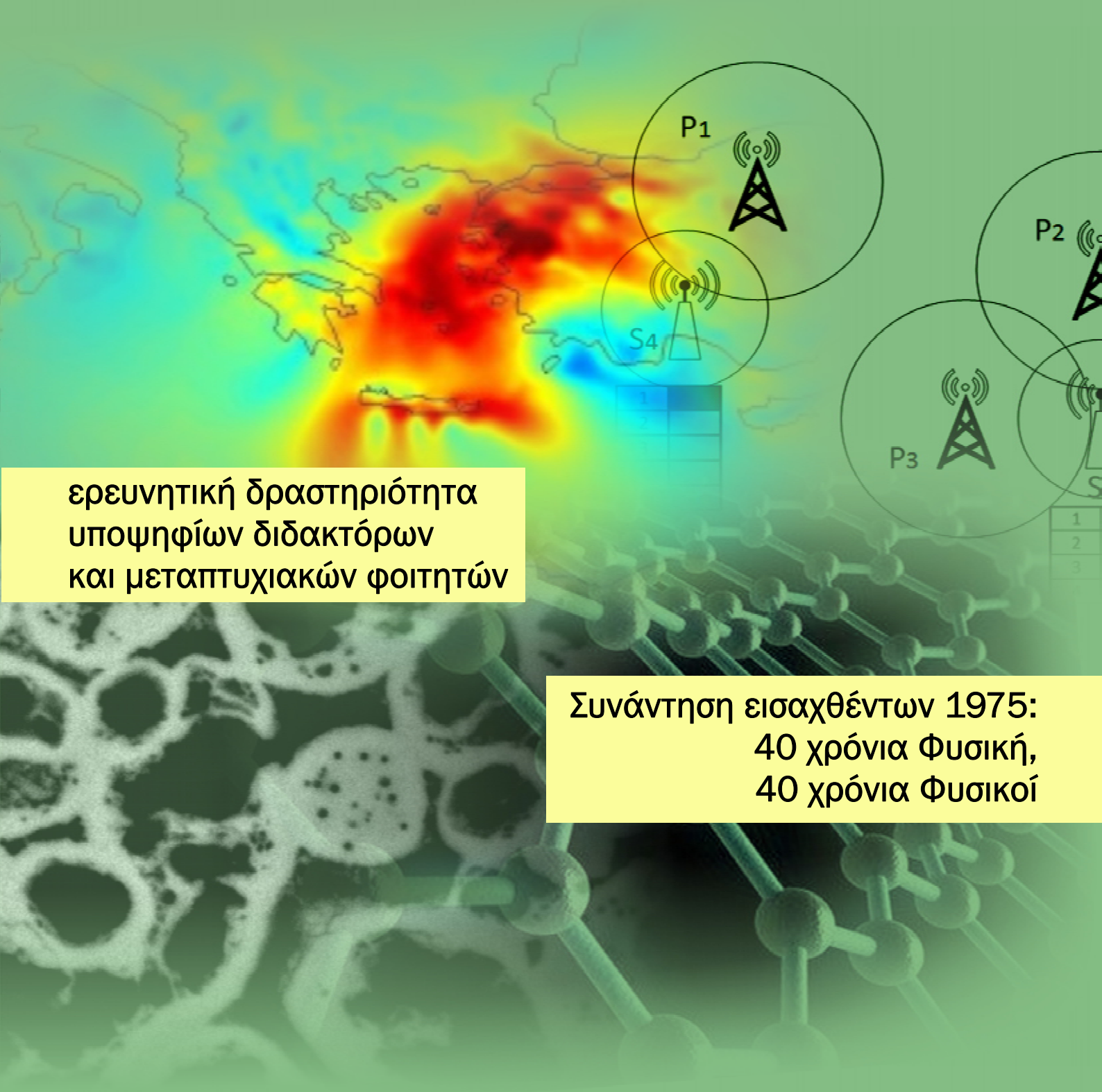
Περίοδος Δ΄ • Τεύχος 24 • Μάιος 2016

φαινόμενον:::

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



ερευνητική δραστηριότητα
υποψηφίων διδακτόρων
και μεταπτυχιακών φοιτητών

Συνάντηση εισαχθέντων 1975:
40 χρόνια Φυσική,
40 χρόνια Φυσικοί

http://phenomenon.physics.auth.gr

φαινόμενον::::

Περίοδος Δ' · Τεύχος 24
Μάιος 2016
Περιοδική έκδοση του Τμήματος Φυσικής Α.Π.Θ. (προεδρία Κ. Χρυσάφη)

συντακτική ομάδα

Αναστάσιος Λιόλιος
(Αναπλ. Καθ. Τμ. Φυσικής)
Μαρία Κατσικίνη
(Επικ. Καθ. Τμ. Φυσικής)
Γεώργιος Δημητρακόπουλος
(Αναπλ. Καθ. Τμ. Φυσικής)
Χαρίκλεια Μελέτη
(Επικ. Καθ. Τμ. Φυσικής)
Στυλιανός Στούλος
(Αναπλ. Καθ. Τμ. Φυσικής)
Ιωάννης Στούμπουλος
(Αναπλ. Καθ. Τμ. Φυσικής)
Ολυμπία Δάρτση, Δάφνη Παρλιάρη, Δημήτριος Χατζηπαναγιωτίδης
(Απόφοιτοι Τμ. Φυσικής)
Στέφανος Μαύρος, Μαρία Κρικέλη, Χρήστος Παπαπαντελής, Μάριος Σαμάνης, Αναστασία Τερζοπούλου, Βασίλειος Τσιώλης, Θεοδοσία Χαραλαμπίδου, Νικόλαος Χατζαράκης
(Φοιτητές/τριες Τμ. Φυσικής)

στο τεύχος αυτό συνεργάστηκαν

Ιωάννης Στούμπουλος
(Αναπλ. Καθ. Τμ. Φυσικής)

εκτύπωση
COPYCITY Ε.Π.Ε.

ψηφιακή έκδοση

http://phenomenon.physics.auth.gr

E-mail επικοινωνίας:
phenomenon@physics.auth.gr

facebook: *Περιοδικό "Φαινόμενον"*

σημείωμα της σύνταξης

Το παρόν τεύχος του «ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΝ» περιέχει κυρίως τις περιλήψεις των εργασιών που παρουσιαστήκαν από μεταπτυχιακούς φοιτητές και υποψήφιους διδάκτορες στη 2η ημερίδα που διοργανώθηκε από Τμήμα Φυσικής στις 30/3/2016. Περιλαμβάνεται επίσης μια ανασκόπηση της συνάντησης που πραγματοποιήθηκε από Φυσικούς για τα 40 χρόνια από την εισαγωγή τους στο Τμήμα. Κλείνοντας, θα θέλαμε να σημειώσουμε ότι εδώ και λίγο καιρό το «ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΝ» έχει σελίδα στο facebook.

Η ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

περιεχόμενα

♦ Παρουσίαση Ερευνητικών Δραστηριοτήτων Διδακτόρων και Μεταπτυχιακών Φοιτητών του Τμήματος Φυσικής Α.Π.Θ. **1**

♦ 1975—2015: 40 χρόνια Φυσική –40 χρόνια Φυσικοί Συνάντηση για τα 40 χρόνια από την εισαγωγή στο Τμήμα **28**

♦ Συνέβησαν στο Τμήμα **31**

φωτογραφίες

Εξώφυλλο: από τις περιλήψεις των Ι. Μ. Ζούγρου, Ι. Λογοθέτη, Θ. Τέγου.
Φωτογραφίες εκδηλώσεων: Ι. Στούμπουλος

πνευματικά δικαιώματα

Το δημοσιευμένο υλικό στο περιοδικό αυτό προστατεύεται από Copyright. Το υλικό δημοσιεύεται υπό όρους που καθορίζονται από την 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, διασκευάσετε το έργο αυτό με τις ακόλουθες προϋποθέσεις: Η *αναφορά στο έργο* πρέπει να γίνει κατά τον τρόπο που καθορίζεται από το συγγραφέα ή το 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/licences/by-sa/3.0/**

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

2η ημερίδα Τμήματος Φυσικής

Παρουσίαση Ερευνητικών Δραστηριοτήτων Διδακτόρων και Μεταπτυχιακών Φοιτητών του Τμήματος Φυσικής Α.Π.Θ.

Την Τετάρτη 30 Μαρτίου 2016 πραγματοποιήθηκε με επιτυχία η 2η ημερίδα παρουσίασης των ερευνητικών δραστηριοτήτων των μεταπτυχιακών φοιτητών και υποψηφίων διδακτόρων του Τμήματος Φυσικής. Την εκδήλωση πλαισίωσαν παρουσιάσεις από εκπροσώπους των εταιριών PRISMA Electronics, CHIMAR και OET. Ακολουθούν οι περιλήψεις των παρουσιάσεων.

ΠΡΟΦΟΡΙΚΕΣ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΕΙΣ

– – – – –

The inside-out view on neutron stars magnetospheres

Μαρία Ανδρέα
(επιβλ. Ν. Στεργιούλας)

Στην παρούσα εργασία μελετώνται μοντέλα ισορροπίας μαγνητισμένων Αστέρων Νετρονίων στη Νευτώνεια Θεωρία Βαρύτητας, με μη μηδενική κατανομή ηλεκτρικού ρεύματος στο εξωτερικό του αστέρα. Η καινοτομία του συγκεκριμένου μοντέλου, είναι η ισορροπία του εσωτερικού πεδίου του αστέρα με την μαγνητόσφαιρα, σε σύγκριση με προηγούμενες εργασίες, όπου η μελέτη γινόταν είτε με θεωρούμενη κενή μαγνητόσφαιρα, είτε αφορούσε επίλυση μαγνητόσφαιρας χωρίς τη μοντελοποίηση του αστέρα. Ο αστέρας θεωρείται μη περιστρεφόμενος, με αξονική συμμετρία και μαγνητικό πεδίο με τοροειδή και πολοειδή συνιστώσα, έτσι ώστε η λύση να είναι άμεσα εφαρμόσιμη σε αστέρες με χαμηλή περιστροφή όπως οι magnetars. Αρχικά, η μελέτη γίνεται για πολυτροπική καταστατική εξίσωση και τέσσερις διαφορετικές κατανομές ηλεκτρικού ρεύματος. Στη συνέχεια, ως καταστατικές εξισώσεις χρησιμοποιούνται ρεαλιστικοί πίνακες και πραγματοποιείται σύγκριση των αποτελεσμάτων της επίδρασης των καταστατικών εξισώσεων στη δομή του μαγνητικού πεδίου όπως επίσης και σύγκριση με το μοντέλο της κενής μαγνητόσφαιρας. Τέλος, η αριθμητική μέθοδος επίλυσης, βασίζεται σε επαναληπτική διαδικασία μέχρι να επιτευχθεί η επιθυμητή σύγκλιση.

– – – – –

Σταθεροποίηση επικίνδυνων βιομηχανικών αποβλήτων μέσω υαλοποίησης

Σάββας Βαρίτης, Παναγιώτης Κάβουρας, Καϊμακάμης Γεώργιος, Ελένη Παυλίδου, Γεώργιος Βουρλιάς, Κωνσταντίνος Χρυσάφης, Θεόδωρος Καρακώστας, Φιλομήλα Κομνηνού
(επιβλ. Φ. Κομνηνού)

Η διαχείριση των στερεών βιομηχανικών αποβλήτων είναι αναγκαία καθώς αποτελούν σημαντικό κίνδυνο για το περιβάλλον ιδιαίτερα λόγω των περιεχόμενων τοξικών ανόργανων ουσιών. Η διαχείρισή τους περιλαμβάνει τόσο μεθόδους αδρανοποίησης για ασφαλή εναπόθεση σε ειδικούς χώρους ταφής αλλά και την παραγωγή νέων υλικών χρησιμοποιώντας τις περιεχόμενες ανόργανες ουσίες. Η υαλοποίηση είναι μια ελκυστική μέθοδος στον τομέα της διαχείρισης στερεών βιομηχανικών αποβλήτων διότι καθίσταται δυνατή η συγχώνευση πολλών τοξικών στοιχείων στην υαλώδη μήτρα ενώ παράλληλα μειώνεται σημαντικά ο όγκος των αποβλήτων. Επιπροσθέτως μέσω κατάλληλων θερμικών κατεργασιών τα τελικά προϊόντα της υαλοποίησης μπορούν να κρυσταλλωθούν και να τροποποιηθούν οι ιδιότητές τους. Τόσο τα υαλώδη όσο και τα υαλοκεραμικά υλικά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πληθώρα δομικών και διακοσμητικών εφαρμογών είτε απλά να εναποτεθούν με ασφάλεια στο περιβάλλον.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται αποτελέσματα από την υαλοποίηση αποβλήτου από την μονάδα διαχείρισης των βυρσοδεψικών αποβλήτων της ΒΙ.ΠΕ. Σίνδου Θεσσαλονίκης. Η διαχείριση και αδρανοποίηση του αποβλήτου αυτού είναι σημαντική καθώς δεν είναι επιτρεπτή η εναπόθεσή τους στο περιβάλλον λόγω του υψηλού οργανικού τους φορτίου αλλά λόγω και της υψηλής τους συγκέντρωσης σε χρώμιο. Πριν την υαλοποίηση, η χρωμιούχος λάσπη υπέστη αποτέφρωση με σκοπό την απομάκρυνση του περιεχόμενου οργανικού φορτίου. Για την υαλοποίηση ως υαλοσχηματιστής χρησιμοποιήθηκε η πυριτία (SiO_2) και ως τροποποιητές δικτύου τα οξεί-

δια του ασβεστίου (CaO) και του νατρίου (Na_2O) και συνδυάστηκαν με την χρωμιούχο τέφρα σε διάφορες αναλογίες. Σχεδιάστηκαν και υλοποιήθηκαν 4 διαφορετικές συστάσεις όπου το ποσοστό της χρωμιούχου τέφρας ήταν μεταξύ 10 και 20 %κ.β. Στη συνέχεια τα μείγματα τοποθετήθηκαν σε χωνευτήρι πλατίνας όπου έλιωσαν σε εργαστηριακό φούρνο στους 1400 ή 1500°C για επαρκή χρόνο και στη συνέχεια χυτεύθηκαν σε πλάκα πυρίμαχου χάλυβα. Τα υαλοποιημένα υλικά μελετήθηκαν με διάφορες τεχνικές χαρακτηρισμού: περίθλαση ακτίνων-Χ (XRD), διαφορική θερμική ανάλυση (DTA), ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης και διερχόμενης δέσμης (SEM-EDS/TEM-HRTEM), μικροσκληρομετρία. Η επιτυχία της σταθεροποίησης του χρωμίου μελετήθηκε με πειράματα έκπλυσης τα οποία έγιναν από το εργαστήριο Γενικής και Ανόργανης Χημικής Τεχνολογίας.

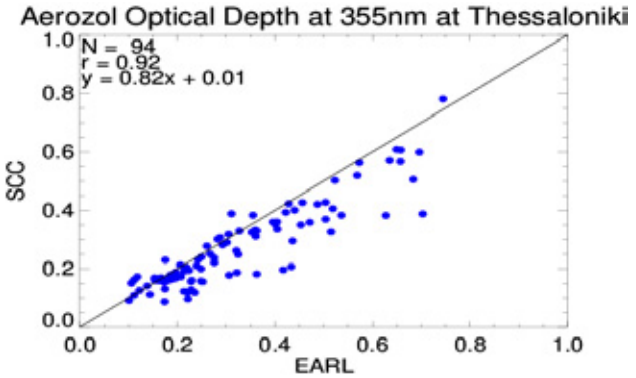
Σε δεύτερη φάση τα υαλοποιημένα υλικά υπέστησαν θερμική κατεργασία, σε συγκεκριμένες θερμοκρασίες που προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο DTA, με σκοπό την επίτευξη κρυστάλλωσης. Τα θερμικά κατεργασμένα προϊόντα ανάλογα με τη θερμοκρασία και την αρχική τους σύσταση εμφάνισαν είτε επιφανειακή κρυστάλλωση είτε κρυστάλλωση όγκου. Η μελέτη της μικρο/νανοδομής έγινε με τεχνικές ηλεκτρονικής μικροσκοπίας διέλευσης. Σημειώνεται ότι τα υαλώδη και υαλοκεραμικά προϊόντα είναι πολύπλοκα σύνθετα υλικά γεγονός που επιβάλει τη συνδυασμένη χρήση των τεχνικών που προαναφέρθηκαν οι οποίες πρέπει να χρησιμοποιούνται σε μια τέτοια μελέτη. Σε όλα τα υαλώδη και υαλοκεραμικά προϊόντα, πλην ενός υαλοκεραμικού, η σταθεροποίηση του χρωμίου ήταν επιτυχής και θα μπορούσαν να εναποτεθούν με ασφάλεια σε χώρους ασφαλούς ταφής μη επικινδύνων αποβλήτων.

– – – – –

Σύγκριση των συντελεστών οπισθοσκέδασης και εξασθένισης των αιωρούμενων σωματιδίων από τον αλγόριθμο της βάσης δεδομένων του δικτύου EARLINET και του SINGLE CALCULUS CHAIN [2001-2007]

Βουδούρη Καλλιόπη-Άρτεμις
(επιβλ. Δ. Στεργιούλας)

Στην παρούσα διπλωματική πραγματοποιείται η σύγκριση δύο αλγορίθμων, του αλγορίθμου επεξεργασίας του οπισθοσκεδαζόμενου σήματος του συστήματος Raman lidar του Εργαστηρίου της Ατμόσφαιρας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, το οποίο είναι μέλος του Ευρωπαϊκού δικτύου EARLINET και του ευρωπαϊκού αλγόριθμου Single Calculus Chain [SCC]. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν με το σύστημα lidar του Εργαστηρίου της Φυσικής Ατμόσφαιρας [40.5°Β, 22.9°Δ], την χρονική περίοδο Φεβρουαρίου 2001 ως το Δεκέμβριο του 2007. Η περίοδος αυτή αφορά την αρχική διάταξη του συστήματος lidar, με δυνατότητα ανίχνευσης των δύο ελαστικά οπισθοσκεδαζόμενων ακτινοβολιών [στα 355 και 532 nm] καθώς και της ακτινοβολίας των 387 nm η οποία προέρχεται από την οπισθοσκέδαση Raman των 355 nm από το ατμοσφαιρικό άζωτο. Σκοπός της επεξεργασίας αυτής είναι η εξακρίβωση της συμφωνίας μεταξύ των δύο αλγορίθμων, έτσι ώστε η μετέπειτα υιοθέτηση του SCC στην επεξεργασία των σημάτων lidar να μην οδηγήσει σε ανομοιογένειες των χρονικών σειρών των συντελεστών οπισθοσκέδασης και εξασθένισης. Η σύγκριση των δύο αλγορίθμων, μέσω στατιστικής ανάλυσης πραγματοποιήθηκε σε δύο στάδια· το πρώτο αναφέρεται στον υπολογισμό των μέσων συντελεστών οπισθοσκέδασης και εξασθένισης για την περίοδο μελέτης, ενώ το δεύτερο μέρος καλύπτει την δημιουργία των κατακόρυφων κατανομών των συντελεστών αυτών ανά εποχή. Η διαδικασία της σύγκρισης των δύο αλγορίθμων περιέλαβε και τον προσδιορισμό διάφορων παραμέτρων στον αλγόριθμο του SCC, καθώς κάποιες παράμετροι κρίθηκαν κρίσιμες για τα παραγόμενα προφίλ των συντελεστών εξασθένισης και οπισθοσκέδασης. Οι παράμετρες αυτοί επιλέχθηκαν και καθορίστηκαν έπειτα από δοκιμές σε τυχαίες μετρήσεις. Τα αποτελέσματα της σύγκρισης, μέσω των καθ' ύψος μέσων κατανομών του συντελεστή εξασθένισης για τα 355 nm και



Σχήμα 1: Συγκριτικό διάγραμμα για τα οπτικά βάθη των αερολυμάτων προερχόμενα από τους δυο αλγορίθμους για τα 7 χρόνια των μετρήσεων Raman lidar [2001-2007] στη Θεσσαλονίκη.

του συντελεστή οπισθοσκέδασης για τα μήκη κύματος των 355nm και 532nm, καθώς και των συντελεστών του οπτικού βάθους των αιωρούμενων σωματιδίων και του λόγου Lidar Ratio [LR] δείχνουν πως οι δύο εφαρμοζόμενοι αλγόριθμοι έρχονται σε γενική συμφωνία, κάτι το οποίο φαίνεται και στο Σχ. 1. Οι παρατηρούμενες διαφορές, αποδίδονται στην διαφορετική overlap καθώς στα παραγόμενα προφίλ του Single Calculus Chain, χρησιμοποιήθηκε κοινή overlap για όλες τις μετρήσεις της εξεταζόμενης περιόδου.

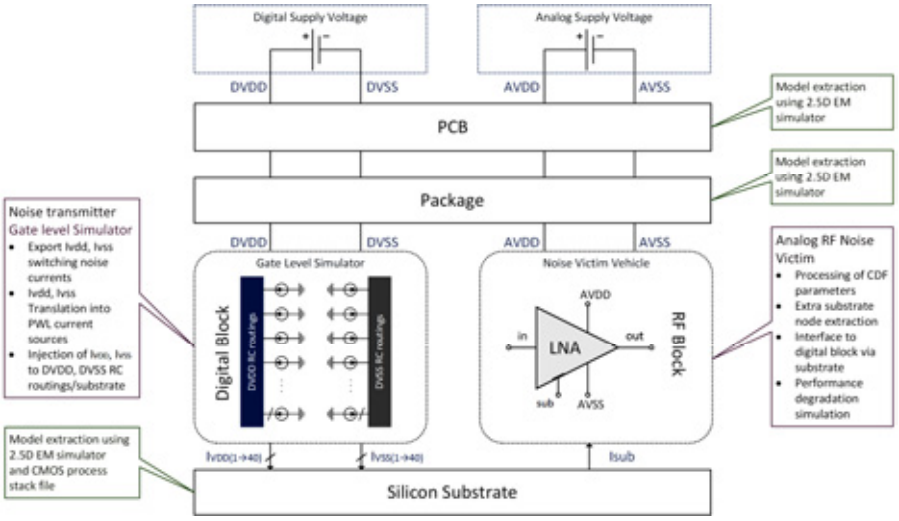


Figure 1: SoC Substrate coupling aware simulation functional diagram.

Προσομοίωση θορύβου υποστρώματος για τον σχεδιασμό ολοκληρωμένων συστημάτων μικτού σήματος

Β. Γαβριηλίδου, Θ. Νούλης, Σ. Σίσκος
(*επιβλ. Θ. Νούλης, Σ. Σίσκος*)

Η συνύπαρξη ψηφιακών και αναλογικών κυκλωμάτων σε κοινή ψηφίδα πυριτίου ή/και κοινή συσκευασία με όλο και μεγαλύτερη πυκνότητα ολοκλήρωσης, καθιστά τον θόρυβο υποστρώματος ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα στον σχεδιασμό των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων. Το πρόβλημα γίνεται εντονότερο στον σχεδιασμό system on chip (SoC) για εφαρμογές ασύρματης επικοινωνίας, λόγω της πλήρους χρήσης του ραδιοφάσματος και των απαιτούμενων προδιαγραφών για πολύ χαμηλής ισχύος σήματα. Η σύζευξη υποστρώματος υποβαθμίζει σημαντικά τις επιδόσεις των ευαίσθητων αναλογικών και RF κυκλωμάτων (δέκτες θορύβου) που μοιράζονται το ίδιο υπόστρωμα με την ψηφιακή λογική (πομπός θορύβου). Παρασιτικά ρεύματα, που προκαλούνται από τον θόρυβο μεταγωγής ψηφιακών ρολογιών υψηλής συχνότητας, διαδίδονται μέσω του κοινού υποστρώματος πυριτίου, λόγω της πεπερασμένης αγωγιμότητας και επιτρεπτότητας του υλικού του υποστρώματος, και επηρεάζουν τα αναλογικά κυκλώματα του συστήματος.

Σε αυτήν την εργασία γίνεται μοντελοποίηση και ανάλυση της σύζευξης θορύβου υποστρώματος για τον σχεδιασμό SoC υψηλών συχνοτήτων, ενσωματώνοντας εμπορικά εργαλεία όπως το Cadence Virtuoso design suite και ηλεκτρομαγνητικοί (EM) προσομοιωτές. Με την χρήση της προτεινόμενης μεθόδου, οι συνιστώσες του θορύβου που διαδίδονται μέσω του υποστρώματος, των παρασιτικών διασυνδέσεων και της συσκευασίας, μπορούν να αναλυθούν ταυτόχρονα ακόμα και στα πρώτα στάδια της διαδικασίας σχεδιασμού. Η εγκυρότητα αυτής της μεθοδολογίας πιστοποιείται με την υλοποίηση ενός ενισχυτή χαμηλού θορύβου (low noise amplifier, LNA) με συχνότητα λειτουργίας 5 GHz ,που χρησιμοποιείται ως δέκτης θορύβου, δίπλα σε μία ψηφιακή λογική 88 χιλιάδων πυλών, που αποτελεί τον πομπό θορύβου. Η σχεδίαση έγινε σε τεχνολογία CMOS 65 nm της TSMC.

Η μεθοδολογία μοντελοποίησης και προσομοίωσης που εφαρμόστηκε περιγράφεται στο Fig. 1. Η ανάλυση του θορύβου υποστρώματος αποτελείται από το EM μοντέλο του κοινού υποστρώματος πυριτίου του SoC, το ψηφιακό κύκλωμα (πομπός θορύβου) και το RF κύκλωμα (δέκτης θορύβου), την συσκευασία (package), την πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος (Printed Circuit Board, PCB) και τις τάσεις τροφοδοσίας.

Υπολογισμός της ολικής στήλης του όζοντος με τη μέθοδο DOAS και μετρήσεις από το σύστημα PHAETHON

Γκέρτση Φανή, Άλκης Μπάης
(*επιβλ. Α. Μπάης*)

Ένα σύστημα επίγειας τηλεπισκόπησης, το οποίο ονομάζεται Φαέθων (Phaethon), είναι εγκατεστημένο και λειτουργεί στο Εργαστήριο Φυσικής της Ατμόσφαιρας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης (40.63°N, 22.96°E). Το σύστημα Φαέθων είναι ένα χαμηλού κόστους σύστημα που αναπτύχθηκε πρόσφατα και περι-

λαμβάνει έναν φασματογράφο CCD (AvaSpec-ULS2048LTEC), μια οπτική ίνα, ένα οπτικό σύστημα εισόδου (τηλεσκόπιο), μια ρομποτική μονάδα προσανατολισμού 2-αξόνων και έναν φορητό ηλεκτρονικό υπολογιστή. Πραγματοποιεί φασματικές μετρήσεις στην περιοχή UV-visible (300-450nm) της φασματικής πυκνότητας ροής της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας ή της φασματικής έντασης της ακτινοβολίας σε διάφορες γωνίες, συμπεριλαμβανομένου και του ζενίθ.

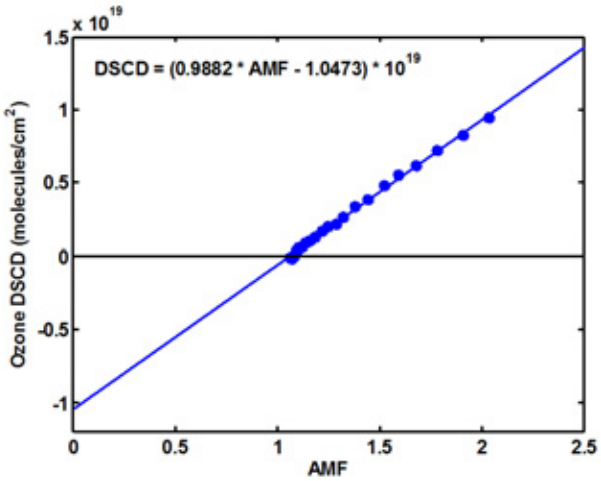
Η ολική και τροποσφαιρική στήλη διαφόρων αερίων (O_3, NO_2, HCHO, SO_2, κτλ.) υπολογίζονται χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της φασματοσκοπίας Διαφορικής Οπτικής Απορρόφησης (Differential Optical Absorption Spectroscopy, DOAS). Ειδικά για την ολική στήλη του όζοντος (Total Ozone Column, TOC) χρησιμοποιούνται μετρήσεις της άμεσης ακτινοβολίας του ήλιου από το σύστημα Φαέθων, οι οποίες αναλύονται μέσω του λογισμικού QDOAS και υπολογίζεται η διαφορική πλάγια στήλη του όζοντος (Differential Slant Column Density, DSCD), σε σχέση με ένα επιλεγμένο φάσμα αναφοράς. Το φάσμα αναφοράς είναι μετρημένο σε μια καθαρή ημέρα με μικρή ολική στήλη του όζοντος (TOC), κάτω από συνθήκες χαμηλής τροποσφαιρικής ρύπανσης και για μικρή ηλιακή ζενίθεια γωνία. Κάτω από αυτές τις συνθήκες η απορρόφηση από το όζον στο φάσμα αναφοράς είναι σχετικά μικρή. Με την κατάλληλη μεθοδολογία και βαθμονόμηση στο QDOAS, η διαφορική πλάγια στήλη (DSCD) που προκύπτει, χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της ολικής στήλης του όζοντος:
όπου:

$$DSCD = TOC \cdot AMF - SCD_{ref} \rightarrow TOC = \frac{DSCD + SCD_{ref}}{AMF}$$

- DSCD (Differential Slant Column Density): Διαφορική πλάγια στήλη του όζοντος
- SCD_{ref} (Slant column Density – reference): Διαφορική πλάγια στήλη του όζοντος του φάσματος αναφοράς
- AMF (Airmass factor): Παράγοντας της αέριας μάζας

Η SCD_{ref} υπολογίζεται με τη μέθοδο Langley (μέθοδος γραμμικής παρεμβολής στο Σχ. 1). Αν θεωρηθεί ότι η TOC είναι σταθερή, η παραπάνω εξίσωση είναι ευθεία όπου ο σταθερός όρος της εξίσωσης αντιστοιχεί στην $-SCD_{REF}$, ενώ η κλίση είναι η TOC της ημέρας αναφοράς.

Για την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων γίνονται συγκρίσεις της TOC που υπολογίζεται από μετρήσεις του συστήματος Φαέθων με την TOC που υπολογίζεται από το φασματοφωτόμετρο



Σχήμα 1: Μέθοδος Langley για τον υπολογισμό της SCD_{ref}.

Brewer, το οποίο λειτουργεί στην ίδια τοποθεσία στην Θεσσαλονίκη.

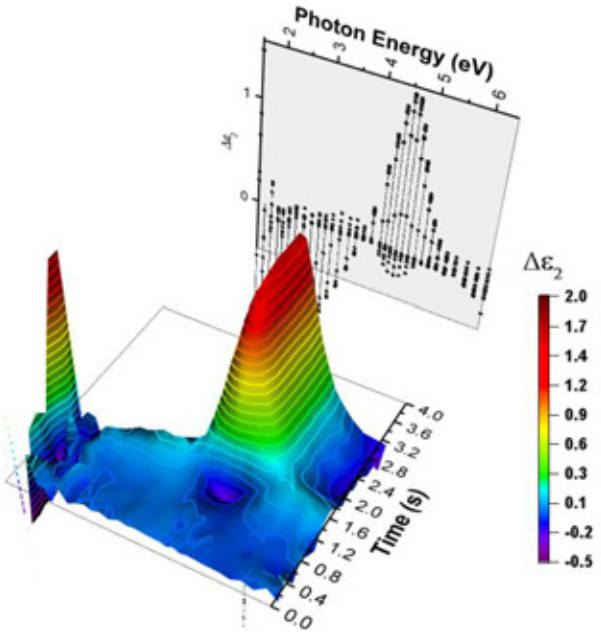
Για τη βελτιστοποίηση υπολογισμού της TOC από μετρήσεις του Φαέθωνα, γίνονται διάφορα τεστ ευαισθησίας με σκοπό να εκτιμηθεί η σημασία διαφόρων παραγόντων που εισέρχονται στο QDOAS (όπως η διατομή απορρόφησης του όζοντος, η ποιότητα του φάσματος αναφοράς, το φασματικό παράθυρο που χρησιμοποιείται στο QDOAS, κτλ.).

– – – – –

In-Situ Real-time Spectroscopic Ellipsometry of CVD grown Graphene on metallic substrates

A. Zachariadis, A. Laskarakis, S. Logothetidis

Το γραφένιο είναι ένα από τα πιο υποσχόμενα δισδιάστατα υλικά με μοναδικές ιδιότητες που αναμένεται να φέρει επανάσταση στην απόδοση μεγάλου φάσματος εφαρμογών, όπως οργανικά ηλεκτρονικά, αισθητήρες, τρανζίστορ, μπαταρίες κ.α. Η ανάπτυξη υψηλής ποιότητας γραφενίου πάνω σε μεγάλες επιφάνειες υποστρωμάτων (π.χ. χαλκός –Cu, Νικέλιο- Ni) είναι το αντικείμενο εκτεταμένης έρευνας τα τελευταία χρόνια. Επιπλέον η διαδικασία ανάπτυξης γραφενίου με την μέθοδο της χημικής εναπόθεσης ατμών (CVD) περιλαμβάνει πολλά στάδια διεργασίας (θέρμανση, ανόπτηση, ανάπτυξη, ψύξη) για τον σχηματισμό του στρώματος γραφενίου. Έτσι, η κατανόηση της επίδρασης των διαφορετικών σταδίων και παραμέτρων της ανάπτυξης των υπέρλεπτων αυτών υμενίων θα συνεισφέρει σημαντικά στη βελτιστοποίηση της διαδικασίας και την παραγωγή στρωμάτων με την επιθυμητή ποιότητα και απόδοση. Η οπτική



Η συνεισφορά ολιγοστρωματικού γραφενίου στο φανταστικό μέρος της μετρούμενης ψευδοδιηλεκρικής συνάρτησης κατά την διάρκεια CVD ανάπτυξης σε υπόστρωμα Νικελίου, υπολογισμένη με την μέθοδο της φασματοσκοπικής ελλειψομετρίας.

μετρολογία έχει την δυνατότητα να προσφέρει σημαντικές πληροφορίες για τα παραπάνω και την ευελιξία να συνδυαστεί με την σύγχρονη τεχνολογία ανάπτυξης γραφενίου.

Σε αυτήν την εργασία, παρουσιάζεται η In-situ Real-time παρακολούθηση της ανάπτυξης γραφενίου σε υποστρώματα χαλκού και νικελίου με την μέθοδο της φασματοσκοπικής ελλειψομετρίας από το ορατό μέχρι το υπεριώδες φασματικό εύρος. Οι μετρήσεις αποκάλυψαν τις οπτικές, ηλεκτρονικές και δομικές αλλαγές των μεταλλικών υποστρωμάτων σε δυναμική κατάσταση κατά την διάρκεια της θέρμανσης και ψύξης της ανάπτυξης. Επίσης για πρώτη φορά αναγνωρίστηκε μέσω της οπτικής απόκρισης η διάρκεια της ανάπτυξης, ο αριθμός των στρωμάτων, ο μηχανισμός ανάπτυξης και η κινητική της πυρηνοποίησης του γραφενίου.

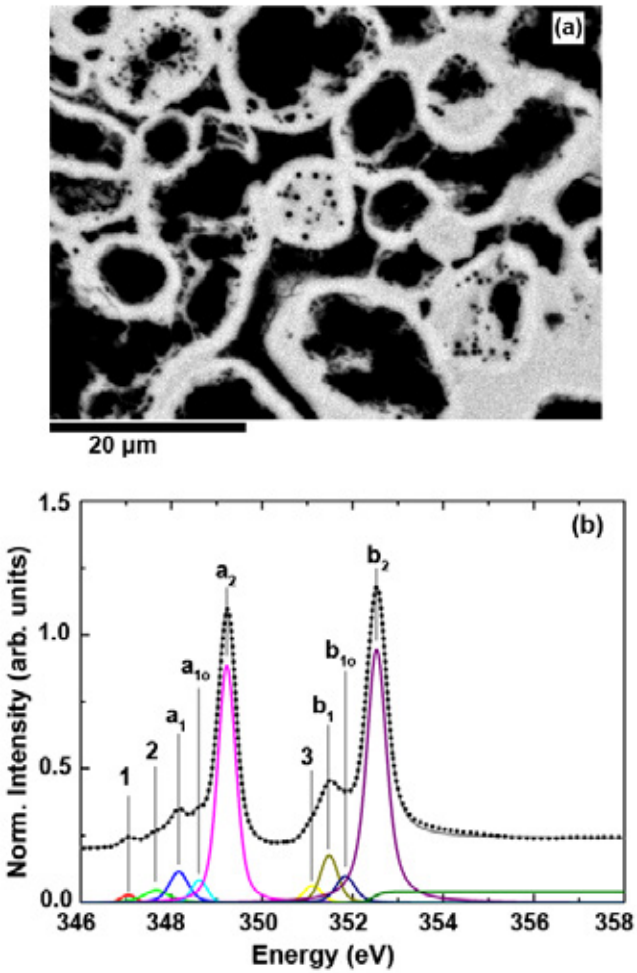
Αυτή η εργασία τονίζει τη σημασία της in-situ οπτικής παρακολούθησης για ενσωμάτωση στη διαδικασία ανάπτυξης γραφενίου από εργαστηριακή μέχρι βιομηχανική κλίμακα. Η καθιέρωση μιας ταχύτατης, μη καταστρεπτικής τεχνικής μεθόδου για In-situ και Real-time έρευνας της ποιότητας του γραφενίου θα είναι βασικό βήμα για την βελτιστοποίηση ολόκληρης της διαδικασίας ανάπτυξης του γραφενίου.

Μελέτη απολιθωμάτων σπονδυλωτών της Ελλάδας με τεχνικές χαρακτηρισμού Φυσικής Στερεάς κατάστασης

Ιωάννα - Μαρία Ζούγρου
(επιβλ. Μ. Κατσικίνη)

Απολιθώματα σπονδυλωτών γεωλογικής ηλικίας 14.000 – 7 εκ. ετών προερχόμενα από δέκα παλαιοντολογικές ανασκαφές στη Βόρεια Ελλάδα μελετώνται με οπτική μικροσκοπία, ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης (SEM), και φασματοσκοπίες φθορισμού ακτίνων-Χ (XRF), φωτοηλεκτρονίων ακτίνων-Χ (XPS) και λεπτής υφής απορρόφησης ακτίνων-Χ (XAFS) με ακτινοβολία Synchrotron. Σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη των ιστολογικών, χημικών και δομικών μεταβολών που συντελούνται στα απολιθώματα καθώς και των ενώσεων που σχηματίζονται ή αποτίθενται σε ιστολογικά κενά κατά την απολίθωση ώστε να εξαχθούν ταφονομικά συμπεράσματα σχετικά με τις συνθήκες απολίθωσης, τη γεωχημεία και την υδρολογία του περιβάλλοντος απόθεσης. Επιπλέον εξάγονται γενικότερα συμπεράσματα σχετικά με την επίδραση των διεργασιών απολίθωσης στον βιολογικό απατίτη. Η μορφή των ιστολογικών μικρορωγμών σε εικόνες οπτικής μικροσκοπίας των οστών της Πλατανιάς δείχνει παρατεταμένη έκθεση στην επιφάνεια του εδάφους σε ξηρό ή περιοδικά ξηρό παλαιο-περιβάλλον, ενώ στα οστά της Κρυοπηγής παρατηρούνται διαφορετικοί τύποι μικρορωγμών, γεγονός που δείχνει διαφορετικές διαδρομές (pathways) μέχρι την θέση τελικής απόθεσης και συνάδει με το πλημμυρικό μοντέλο απόθεσης. Οι μετρήσεις SEM-EDX δείχνουν τη μετατροπή του υδροξυαπατίτη σε φθοροαπατίτη καθώς και υποκατάσταση ιόντων Ca^{2+} από K^{+}, Na^{+}, Mg^{2+}, Rb^{+} και Sr^{2+}. Η ύπαρξη προτιμητέας θέσης υποκατάστασης του Sr σε μια από τις δυο μη-ισοδύναμες θέσεις του Ca στη δομή του απολιθωμένου υδροξυαπατίτη μελετήθηκε με φασματοσκοπία EXAFS στην K-ακμή του Sr από την οποία προκύπτει ότι σε χαμηλά ποσοστά υποκατάστασης (έως 2 at%) η υποκατάσταση συντελείται και στις δυο θέσεις του Ca. Οι μεταβολές της κρυσταλλικότητας του απατίτη σε δείγματα με διαφορετικό βαθμό ιστολογικής διατήρησης καθώς και η επίδραση των ιοντικών υποκαταστάσεων στο πλέγμα του απατίτη μελετήθηκαν με φασματοσκοπία XANES στην $L_{2,3}$-ακμή του Ca. Η υψηλότερη κρυσταλλικότητα παρατηρείται σε δείγμα με αυξημένη μικροβια-

κή δραστηριότητα και σχετίζεται με τα υποπροϊόντα της μικροβιακής δραστηριότητας, ενώ οι ιοντικές υποκαταστάσεις στο πλέγμα του απατίτη οδηγούν σε μικρή μετατόπιση ορισμένων κορυφών του φάσματος απορρόφησης σε μεγαλύτερες ενέργειες και μεταβολή της αναλογίας έντασης των κορυφών a_1/a_2 και b_1/b_2 (βλ. Σχ. 1). Επιπλέον η φωτοκορυφή Ca2p των φασμάτων XPS σε συνδυασμό με φάσματα XANES στην $L_{2,3}$-ακμή του Ca χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του ποσοστού απατίτη και καλσίτη στα δείγματα. Η χωρική κατανομή του Ca και των εξωγενών στοιχείων Mn, Fe μελετάται με μικροχαρτογράφηση XRF. Η επίδραση του περιβάλλοντος απόθεσης στην οδοντίνη και την αδαμαντίνη απολιθωμένων δοντιών μελετήθηκε με φασματοσκοπία EXAFS στην K-ακμή του Fe. Στα δείγματα δοντιών της Μηλιάς ανιχνεύεται η συσσωμάτωση γκαιτίτη, λεπιδοκροκίτη και φερρυδρίτη σε οδοντοσωληνάρια, ιστολογικά κενά που προκλήθηκαν από μικροβιακή δραστηριότητα και σε διαγενετικές ρωγμές ενώ η ταυτόχρονη παρουσία πυρίτη στα δείγματα υποδεικνύει συνθήκες pH μεταξύ 4-6 κατά την απολίθωση. Το μαύρο χρώμα των δειγμάτων της Πλατανίας σχετίζεται με στρώμα ιζήματος υψηλής συγκέντρωσης Mn που παρατηρείται πάνω από το απολιθωματοφόρο στρώμα ενώ SEM-EDX μετρήσεις δείχνουν εκτεταμένη παρουσία ρομανεχίτη στη διατομή των οστών.



Σχήμα 1: (a) SEM-BSE εικόνα δείγματος οστού της Κρυοπηγής με μικροβιακή αλλοίωση και εκτεταμένη διάλυση απατίτη, (b) Φάσμα XANES στην $L_{2,3}$-ακμή του Ca του ίδιου δείγματος.

Κλειστές χρονοειδείς καμπύλες και οι χορδές Misner στον χωροχρόνο Taub-Nut AdS

Γ. Καλαμάκης
(επιβλ. Α. Πέτκου)

Στην ολογραφική περιγραφή συστημάτων συμπυκνωμένης ύλης σε d διαστάσεις, η μελέτη εστιάζεται σε διαταραχές της γεωμετρίας μιας μελανής οπής σε χώρο d+1 διαστάσεων ο οποίος είναι ασυμπτωτικά anti-deSitter. Κατά τη συνήθη πρακτική θεωρούμε διαταραχές βαθμωτών, διανυσματικών ή τανυστικών πεδίων στο χωροχρόνο της μελανής οπής. Στη συνέχεια λύνουμε τις εξισώσεις κίνησης των πεδίων και χρησιμοποιώντας το λεξικό της ολογραφίας καταλήγουμε σε συμπεράσματα για της αντίστοιχες ποσότητες του συστήματος που περιγράφεται από τη γεωμετρία στα όρια του χώρου AdS.

Στην εργασία μας μελετάμε μια ειδική περίπτωση μελανής οπής την ασυμπτωτική AdS Taub – Nut σε 4 χωροχρονικές διαστάσεις. Όπως είναι γνωστό στο σύνορο αυτού του συστήματος περιγράφεται ολογραφικά ένα περιστρεφόμενο υπερ-ρευστό. Η μελανή οπή Taub – Nut είναι μια γενίκευση της απλούστερης γεωμετρίας Schwartschild, στην οποία εμφανίζεται ένα ιδιαίτερο είδος φορτίου, το επονομαζόμενο φορτίο Nut. Για την ακρίβεια η μελανή οπή Schwartschild αποτελεί οριακή περίπτωση της Taub – Nut όταν το φορτίο Nut παίρνει την τιμή 0.

Η ύπαρξη αυτού του ιδιαίτερου φορτίου είναι κρίσιμη, τόσο για την κατανόηση του ρόλου του στην ίδια τη γεωμετρία της μελανής οπής, όσο και για την ολογραφική «μετάφραση» του στη θεωρία που ζει στο σύνορο του AdS χώρου. Πιο συγκεκριμένα, η μελανή οπή Taub – Nut εμφανίζει συγκεκριμένες ανωμαλίες γνωστές ως χορδές Misner, οι οποίες είναι το ανάλογο των χορδών Dirac στην θεωρία κβάντωσης του μαγνητικού φορτίου. Ακόμη, σε συγκεκριμένα διαστήματα των χωρικών συντεταγμένων εμφανίζονται

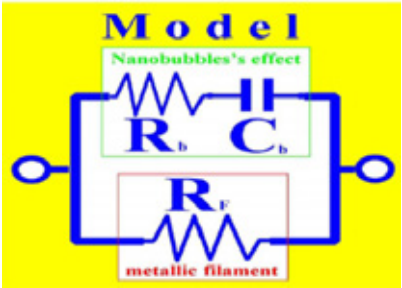
κλειστές χρονοειδείς καμπύλες, οι οποίες δεν σέβονται την αρχή της αιτιότητας και φυσικά είναι ανεπιθύμητες σε οποιαδήποτε θεωρία στοχεύει να περιγράψει τον φυσικό κόσμο. Η εμφάνιση αυτών των ανωμαλιών, η πιθανή σημασία τους για το σύστημα του υπερ-ρευστού που ζει στο σύνορο του AdS χώρου καθώς και η αποσαφήνιση του ρόλου του φορτίου Nut είναι ο απώτερος στόχος της δουλειάς μας.

– – – – –

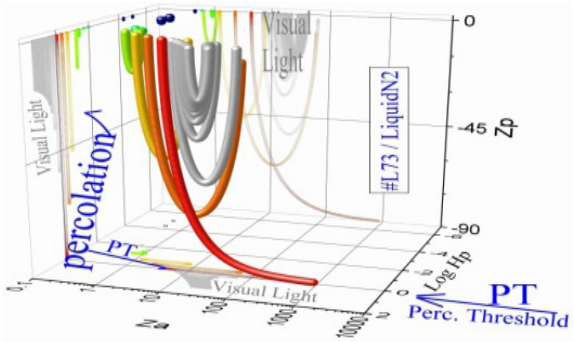
AC ηλεκτρικές ιδιότητες νημάτων βολφραμίου λαμπτήρων πυρακτώσεως

Ι. Καραγιάννης, Ι. Σαμαράς
(επιβλ. Ι. Σαμαράς)

Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως εκτός του ότι παρέχουν φώς, είναι χρήσιμοι σε γενικό πλαίσιο στη διδασκαλία της βασικής φυσικής, σε πολλούς τομείς της διαθεματικής φυσικής, αλλά και στη μηχανική, στη χημεία κ.λ.π. Οι σύνθετες AC ηλεκτρικές μετρήσεις, εδώ, βασίζονται σε δύο νέες πειραματικές παρατηρήσεις. Η μία μας δίνει πολύτιμες πληροφορίες που παρέχονται από τις μετρήσεις της μη-μηδενικής φάσης φ μεταξύ της τάσης V και του ρεύματος i. Οι πληροφορίες αυτές της φάσης φ καταχωρούνται στο μέγεθος της σύνθετης ηλεκτρικής αντίστασης Z (=V/i). Η άλλη είναι η ειδική χρήση της DC τάσης (συνεχής συνιστώσα V_{DC}, στατική πόλωση υποβάθρου) για την σταθερή παροχή ηλεκτρικής



Σχήμα 1: Ισοδύναμο κύκλωμα με 3 «στοιχεία».



Σχήμα 2: Η Zp δείχνει τη κρίσιμη (Hp~1%) ισχύ Hp.

ισχύος που εξασφαλίζει σταθερές θερμοκρασιακές συνθήκες στα νήματα βολφραμίου καθ' όλην τη διάρκεια των φασματικών μετρήσεων εμπέδησης Z(f). Η V_{DC} δεν εισάγεται στη μέτρηση της Z. Τα νήματα βολφραμίου των λαμπτήρων πυρακτώσεως είναι ένα από τα παλαιότερα (1955) νανο-τεχνητά μέταλλα στη νανοτεχνολογία. Με τεχνικές πολλαπλής θερμομηχανικής υπερπαραμόρφωσης (SPD, severe plastic deformations) επιβάλλεται μία ιδιόμορφη μορφολογία στα νήματα βολφραμίου. Η βέλτιστη λύση στα πρόσφατα νήματα βρέθηκε για ισχυρά επιμηκυμένους κόκκους βολφραμίου με υποστήριξη από νανο-κενά (με προσμίξεις <100ppm) σε διάφορες μορφολογικές τοπολογίες. Τα νανο-κενά είναι της τάξεως των 100nm και γεμίζουν κυρίως με προσμίξεις καλίου. Οι προσμίξεις μεταβαίνουν στην αέρια φάση κατά τη θέρμανση τους, διαμορφώνοντας ένα σύστημα διείσδυσης που επιβάλλουν ηλεκτρική αγωγή σε δύο τρόπους (percolation) δηλαδή ένας διάδρομος από κόκκους W (μεταλλική φάση) και ένας νέος διάδρομος διηλεκτρικής φύσης από νανο-φυσαλίδες καλίου (K-nanobubbles). Παρ' όλο το χαμηλό ποσοστό w% (<<0.01%, κατά βάρος) των προσμίξεων, μικρού όγκου (καλίου, στερεά φάση) μετατρέπεται σε (μεγάλου όγκου) νανοφυσαλίδες καλίου κατά την ασθενή θέρμανση τους. Έτσι εμφανίζεται ο νέος διάδρομος διαγωγιμότητας (διηλεκτρικής φύσης) ενώ ταυτόχρονα περιορίζεται ο κλασικός διάδρομος μεταλλικής αγωγιμότητας (κόκκοι W). Αυτή η μετατροπή (μετάβαση) φάσης στερεού-υγρού (63.5°C) σε αέριο κάλιο (759°C) οδηγεί σε μια τεράστια ογκομετρική αύξηση v% λόγω της εκτόνωσης της αέριας φάσης μέσα στα νανο-κενά. Στην αρχική θέρμανση, το πραγματικό μέρος Z_r της σύνθετης αντίστασης Z αντιπροσωπεύει το φαινόμενο θέρμανσης Joule καθώς και μια απότομη πρόσθετη αύξηση λόγω μιας εικονικής μείωσης της διαμέτρου των νημάτων βολφραμίου. Επίσης, το φανταστικό μέρος Z_i του Z, αντιπροσωπεύει την απότομη αύξηση στη διάμετρο d_N των nanobubbles (της μονωτικής φάσης), που ακολουθεί το αντίστοιχο ογκομετρικό ποσοστό αύξησης. Η εξέλιξη της θέρμανσης σε σχέση με την ηλεκτρικής ισχύ, P, των υπολογισμένων στοιχείων ($R_1//R_{2C}$) σε ένα ισοδύναμο κύκλωμα (Σχ. 1). Χρησιμοποιώντας κανονικοποιημένες (%) ηλεκτρικές παραμέτρους Hp, Hv και Hi, σχεδόν όλοι οι λαμπτήρες παρουσιάζουν καθολική ηλεκτρική συμπεριφορά. Η κρίσιμη τιμη δυαδικής διαγωγιμότητας τύπου «percolation» βρίσκεται σε χαμηλή περιοχή της ισχύος H_P (~1%, στο Σχ. 2), αμέσως προτού αρχίσει ο φωτι-

σμός (~3%). Σήμερα, παρόμοια φαινόμενα εισάγουν μια ενδιαφέρουσα εποχή στο πεδίο των σκεδάσεων των ηλεκτρικών φορέων με νέους τρόπους ηλεκτρο-θερμικής σκέδασης από στατικές ή δυναμικές νανοδομές [M. Zebarjadi και λοιποί, 2013] συγκεκριμένης γεωμετρίας και μορφολογίας.

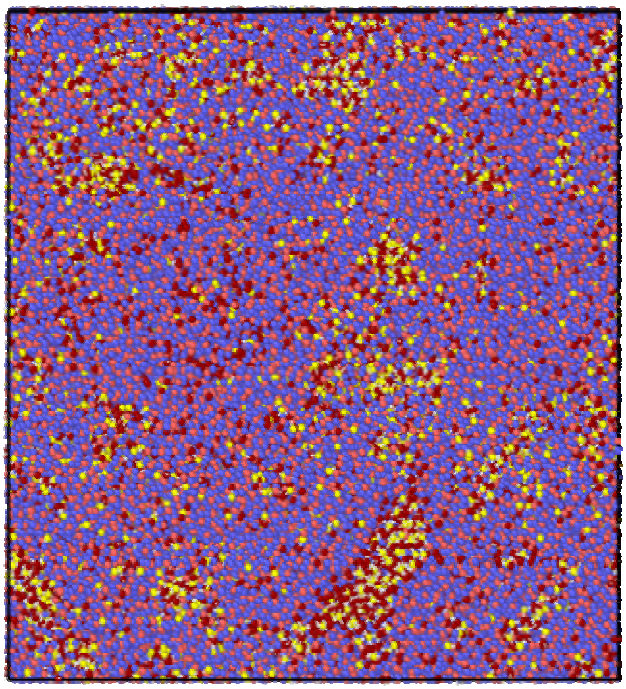
1. *Patent US20140093782 (2014) [Patent US20140093782]*
2. *D. A. Clauss, R. M .Ralich and R. D. Ramsier (2001) Ramsier,"Hysteresis in a light bulb: connecting electricity and thermodynamics with simple experiments and simulations", Eur.J.Phys, vol 22, 385-394.*
3. *P.Schade, (1998) "Potassium bubble growth in doped tungsten",Int. J. Refract. Met. Hard Mater, vol.16, pp.77-87*
4. *M. Zebarjadi, B. L. Liao, K. Esfarjani, M. S. Dresselhaus and G. Chen, (2013) "Enhancing the Thermoelectric Power Factors by Using Invisible Dopants, Advanced Materials", 25, 1577.*
5. *http://www.hp.com/hpinfo/abouthp/histnfacts/museum/earlyinstruments/0002/0002history.html*

Προσομοίωση σχηματισμού νανοκρυστάλλων νιτριδίου του Γαλλίου μέσα σε άμορφη μήτρα διοξειδίου του πυριτίου με τη μέθοδο μοριακής δυναμικής και ανάλυση των φυσικών ιδιοτήτων τους

Ι. Καρακώστας, Κ. Τερμεντζίδης, Μ. Κατσικίνη, Ε. Παλούρα, Ι. Κιοσέογλου

(*επιβλ. Ι. Κιοσέογλου*)

Το νιτρίδιο του γαλλίου είναι ημιαγωγός άμεσου ευρέος χάσματος που προσέλκυσε το ενδιαφέρον της βιομηχανίας για εφαρμογές οπτο- και μικρο-ηλεκτρονικής. Μία μέθοδος ανάπτυξης νανοδομών (nanodots) νιτριδίου του γαλλίου, είναι η εμφύτευση ιόντων μέσα σε κάποια μήτρα και η θέρμανση του υλικού για συγκεκριμένη χρονική διάρκεια, που επιτρέπει την ελεγχόμενη ανάπτυξη του νιτριδίου όσον αφορά το μέγεθος του. Το άμορφο διοξείδιο του πυριτίου αποτελεί μια πολύ καλή μήτρα, αφενός επειδή είναι διάφανο και συνεπώς ευνοεί διατάξεις εκπομπής φωτός, αφετέρου επειδή το πυρίτιο χρησιμοποιείται ευρέως σε διατάξεις οπτοηλεκτρονικής. Η εμφύτευση συγκεκριμένης συγκέντρωσης γαλλίου και αζώτου σε άμορφη μήτρα διοξειδίου του πυριτίου με τον κατάλληλο χρόνο ανόπτησης, οδηγεί στο σχηματισμό νανοκρυστάλλων νιτριδίου του γαλλίου παρουσιάζοντας ευρεία διασπορά στο μέγεθος τους που οδηγεί σε ελεγχόμενη διεύρυνση των φασμάτων εκπομπής τους. Για να κατανοήσουμε σε βάθος τον μηχανισμό σχηματισμού των νανοκρυστάλλων, χρησιμοποιήσαμε τη μέθοδο της μοριακής δυναμικής. Χρησιμοποιώντας προσομοίωση ατομικών μοντέλων και λαμβάνοντας υπόψη όλες τις απαραίτητες ατομικές αλληλεπιδράσεις, αναλύθηκαν οι δομικές και φυσικές ιδιότητες των σχετικών φαινομένων. Η προσομοίωση έγινε με χρήση του δυναμικού Tersoff, αφού κρίθηκε το πλέον κατάλληλο, και ως μήτρα επιλέχθηκε η μελέτη του κρυσταλλικού χαλαζία (a-quartz) αφού είναι η ενεργειακά προτιμητέα φάση του κρυσταλλικού SiO_2. Στη συνέχεια εξετάστηκαν οι κατάλληλες συνθήκες προσομοίωσης για την επίτευξη της επιθυμητής φάσης άμορφου SiO_2, σε συμφωνία με τα πειραματικά δεδομένα. Επιπλέον, φυσικές ιδιότητες όπως ο χρόνος αναθέρμανσης και το ποσοστό συγκέντρωσης γαλλίου και αζώτου εξετάστηκαν ενδελεχώς και επιλέχθηκαν σε συμφωνία με τα πειραματικά δεδομένα με σκοπό την ελεγχόμενη ανάπτυξη των νανοκρυστάλλων. Με την επίτευξη του σχηματισμού των νανοκρυστάλλων, εξετάστηκε η επίδραση των δομικών τους ιδιοτήτων (μέγεθος και θέση) στη θερμική αγωγιμότητα του συστήματος. Ο υπολογισμός της θερμικής αγωγιμότητας των δομών έγινε με χρήση της μεθόδου της μοριακής δυναμικής σε ισορροπία (Equilibrium Molecular Dynamics). Κρίσιμες παράμετροι όπως η ακτίνα, η κρυσταλλικότητα και η επιφάνεια των νανοκρυστάλλων εξετάστηκαν ενδελεχώς καθώς επίσης και η επίδραση τους στη διάδοση



Σχηματοποιημένοι νανοκρύσταλλοι νιτριδίου του Γαλλίου σε μήτρα άμορφου SiO_2.

των φωνονίων, που θεωρούνται ο κύριος φορέας διάδοσης της θερμότητας στα υλικά.

– – – – –

Developing a minimum spanning tree library and a user-friendly interface: A first application to cosmological N-body simulations

Κ. Κοβλακάς
(*επιβλ. Μ. Πλειώνης*)

Την τελευταία εικοσαετία, προγράμματα όπως τα Two–Degree Field Galaxy Redshift Survey και Sloan Digital Sky Survey, έχουν δώσει μεγάλη ώθηση στην έρευνα της Δομής Μεγάλης Κλίμακας (Large-scale Structure) του σύμπαντος. Η μελέτη της μορφολογίας των δομών μπορεί να ελέγξει κοσμολογικά μοντέλα και να θέσει όρια σε παραμέτρους τους ή ακόμα να επιβάλλει συνθήκες στις αρχικές διαταραχές πυκνότητας στο σύμπαν.

Στην στατιστική μελέτη της κατανομής των γαλαξιών σε διάφορες κλίμακες, συχνά γίνεται χρήση της *Δισημειακής Συνάρτησης Συσχέτισης* (Two Point Correlation Function), ξ(r), που εκφράζει το "πλεόνασμα πιθανότητας" να βρίσκεται ένας γαλαξίας σε απόσταση r από έναν τυχαίο γαλαξία του δείγματος, σε σύγκριση με την τυχαία κατανομή [1]. Επιπλέον, το μέτρο αυτό μπορεί να επεκταθεί σε μεγαλύτερες τάξεις (N-Point Correlation Functions). Ο υπολογισμός των τελευταίων είναι ιδιαίτερα χρονοβόρος.

Στο πρόβλημα αυτό απαντούν τα γραφοθεωρητικά *Minimum Spanning Trees* (MSTs) καθώς η κατανομή των ακμών τους εξαρτάται από όλες τις τάξεις των συναρτήσεων συσχέτισης [2]. Τα MST είναι δίκτυα που συνδέουν τα σημεία ενός γράφου σε ένα δέντρο με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε το συνολικό μήκος του τελευταίου να ελαχιστοποιείται. Η χρήση τους στην κοσμολογία ξεκίνησε τη δεκαετία του '80 ενώ έχουν οριστεί τελεστές για τη μείωση του θορύβου και την αναγνώριση των κυρίαρχων δομών [3].

Οι βέλτιστοι αλγόριθμοι για την παραγωγή MSTs έχουν υπολογιστική πολυπλοκότητα O ($E\log E$) όπου E το πλήθος των ακμών που μπορούν να σχηματιστούν στο γράφο. Για V σημεία, $E=V(V-1)/2$ οπότε η πολυπλοκότητα είναι O ($V^2\log V$). Η μελέτη κατανομών από σύγχρονες κοσμολογικές προσομοιώσεις N σωμάτων όπου $V > 10^6$ και η σύγκρισή τους με άλλες προσομοιώσεις ή τις παρατηρήσεις, απαιτεί συχνά πολλαπλά runs με αποτέλεσμα οι χρόνοι εκτέλεσης να γίνονται απαγορευτικοί. Αποδεικνύεται ότι οι ακμές του MST ενός γεωμετρικού γράφου είναι υποσύνολο των ακμών του *Delaunay Triangulation* (DT) του ίδιου γράφου, μία διαδικασία που εκτελείται σε χρόνο O($V\log V$) και αποδίδει πλήθος πλευρών ανάλογο του V και όχι του V^2. Κατα συνέπεια, ο υπολογισμός του DT ενός γεωμετρικού γράφου (όπως οι κατανομές σημείων) και η εύρεση του MST χρησιμοποιώντας μόνο τις ακμές του DT, καθιστά τη πολυπλοκότητα του συνδυασμού O($V\log V$).

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή:

- Αναπτύσσουμε μία C++ βιβλιοθήκη (*MoravaPack*) αναπαράστασης γεωμετρικών γράφων, ορισμού της μετρικής του χώρου, δημιουργίας MSTs με ή χωρίς τη χρήση DT, εφαρμογής τελεστών των MSTs κτλ.
- Αναπτύσσουμε μια multi–platform εφαρμογή (*MoravaGUI*) με γραφικό περιβάλλον που χρησιμοποιεί τη βιβλιοθήκη, διαχειρίζεται αρχεία γράφων και εμφανίζει τα MST στην οθόνη.
- Εφαρμόζουμε για πρώτη φορά τη μέθοδο του MST σε προσομοιώσεις N–σωμάτων του DEUS (Dark Energy Universe Simulations) [4] με σκοπό τη σύγκριση κοσμολογικών μοντέλων (ΛCDM, RPCDM).

Στόχος μας είναι να διευκολύνουμε επόμενες τέτοιες αναλύσεις με μία εύκολη στη χρήση βιβλιοθήκη και να αξιολογήσουμε την εφαρμογή διαφόρων στατιστικών μέτρων των MSTs στην Υπολογιστική Κοσμολογία.

[1] Peebles, P. J. E. (1980). The large-scale structure of the universe. Princeton University Press, New Jersey, USA.

[2] Doroshkevich, Andrei (2003). Minimal spanning tree technique. Chap. 35, pp. 417–418 of: Feigelson, E. D. & Babu, J. (editors), "Statistical Challenges in Astronomy". Springer–Verlag, New York, USA.

[3] Barrow, J. D., Bhavsar, S. P. & Sonoda, D. H. (1985). Minimal spanning trees, filaments and galaxy clustering. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, vol. 216, pp. 17–35.

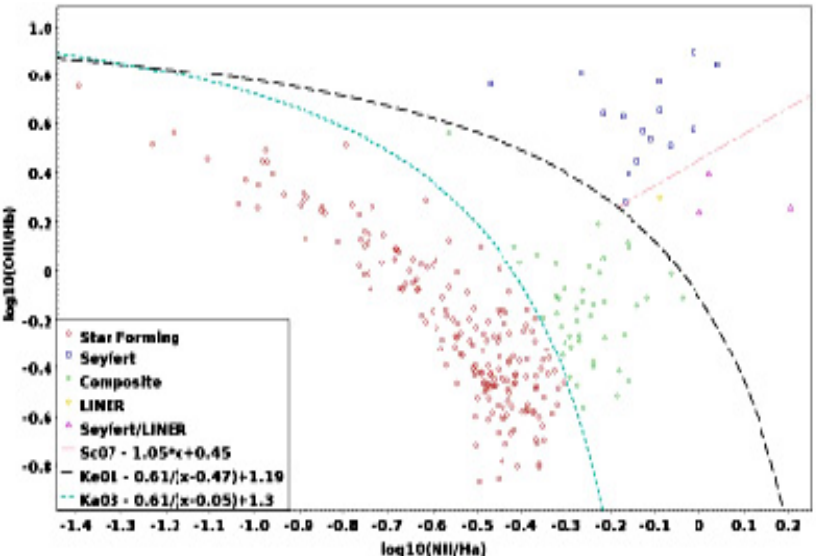
[4] Jean-Michel Alimi, et al. (2012). First-Ever Full Observable Universe Simulation, Supercomputing 2012 – The International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis, Salt Lake City, Utah, USA. Article 73, IEEE Computer Society Press Los Alamitos, CA, USA.

– – – – –

The infrared properties of the population of galaxies missing from the BPT Diagrams

Konstantinos Kouroumpatzakis
(*επιβλ. Μ. Πλειώνης*)

Τα διαγράμματα BPT (Baldwin, Phillips & Terlevich) είναι ένα ευρέως διαδεδομένο εργαλείο για την ταξινόμηση γαλαξιών με γραμμική εκπομπή. Τα διαγράμματα αυτά χρησιμοποιούν στον άξονα x τον λογάριθμο του λόγου των ροών εκπομπής των γραμμών NII/Hα και στον άξονα y τον λογάριθμο του λόγου των ροών εκπομπής των γραμμών OIII/Hβ. Μέσω της εφαρμογής ορισμένων θεωρητικών και εμπειρικών γραμμών και καμπυλών στο διάγραμμα, μπορεί να γίνει ταξινόμηση στους μετέχοντες γαλαξίες στις κλάσεις Υψηλής Αστρογένεσης (Star Forming), Σύνθετους (Composite), Seyfert, LINER και Seyfert/LINER. Παρ' όλα αυτά υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός γαλαξιών που δεν εισέρχονται σε αυτά τα διαγράμματα και επομένως δεν μπορούν να ταξινομηθούν, κυρίως λόγω τής χαμηλής αναλογίας Σήματος προς Θόρυβο (Σ/Θ) των παρατηρούμενων γραμμών εκπομπής. Σκοπός αυτής της μελέτης είναι να διερευνηθούν οι ιδιότητες αυτού του πληθυσμού και να συγκριθούν με αυτές των γαλαξιών που μετέχουν στα διαγράμματα BPT σε σχέση με την ροή στην οπτική μπάντα αλλά και στις μπάντες του κοντινού (N-IR), του μεσαίου (M-IR) και μακρινού υπερύθρου (far-IR). Έτσι εξαιρώντας τις πηγές με ερυθρομετατόπιση z > 0.5 και αυτές που είχαν έστω και μία μη ανιχνεύσιμη γραμμική εκπομπή, απέμειναν στα υπό μελέτη υπόδείγματα 254 γαλαξίες, με Σ/Θ > 2 σε όλες τις γραμμικές εκπομπές, και επομένως περιεχόμενους στα διαγράμματα BPT και 601 μη περιεχόμενους (Σ/Θ < 2). Η σύγκριση των δυο υπόδειγμάτων έδειξε μια μεγάλη διαφοροποίηση στο διάγραμμα χρώματος που βασίζονται στις μπάντες της διερεύνησης WISE, καθώς οι περισσότεροι μη περιεχόμενοι στα διαγράμματα BPT γαλαξίες τοποθετούνται σε ξεκάθαρα διαφορετική περιοχή, από αυτών που περιέχονται, όπου και ταξινομούνται σαν σπειροειδείς, ελλειπτικοί και γενικότερα γαλαξίες στα τελευταία στάδια της εξέλιξης τους. Στην συνέχεια εφαρμόσαμε προσαρμογή διασποράς φασματικής ενέργειας (SED fittings) όπου χρησιμοποιώντας όλες τις προαναφερθείσες μπάντες, από το οπτικό έως το μακρύ υπέρυθρο, υπολογίσαμε τη βολομετρική φασματική κατανομή του κάθε γαλαξία και έπειτα μπορέσαμε, ξεχωριστά, να υπολογίσουμε την εκπομπή των πηγών στο οπτικό, στο μακρύ υπέρυθρο αλλά και την προέλευση του φωτός αυτού, χωρισμένου στον ενεργό γαλαξιακό πυρήνα (AGN) και την αστρογένεση. Βρίσκουμε πως ελάχιστο μέρος του πληθυσμού των μη περιεχομένων στα BPT διαγράμματα πηγών περιέχει AGN ενώ σε όλες τις τάξεις των περιεχόμενων στα BPT, περίπου οι μισοί διαθέτουν AGN. Παράλληλα τα αποτελέσματα υποδεικνύουν πως οι μη περιεχόμενοι στα BPT διαγράμματα γαλαξίες έχουν υψηλότερους ρυθμούς αστρογένεσης και ότι αποτελούν ένα πληθυσμό από μεταγενέστερου τύπου γαλαξίες. Τελειώνοντας, η μελέτη του συνολικού δείγματος των γαλαξιών δείχνει ότι υπάρχει ένα όριο στην παράλληλη αύξηση της αστρογένεσης και της εκπομπής φωτός σε ένα γαλαξία και ότι σε γαλαξίες με μεγάλες τιμές βολομετρικής εκπομπής, το μεγαλύτερο ποσοστό αυτού του φωτός σχετίζεται με την ύπαρξή ενός ισχυρού AGN.



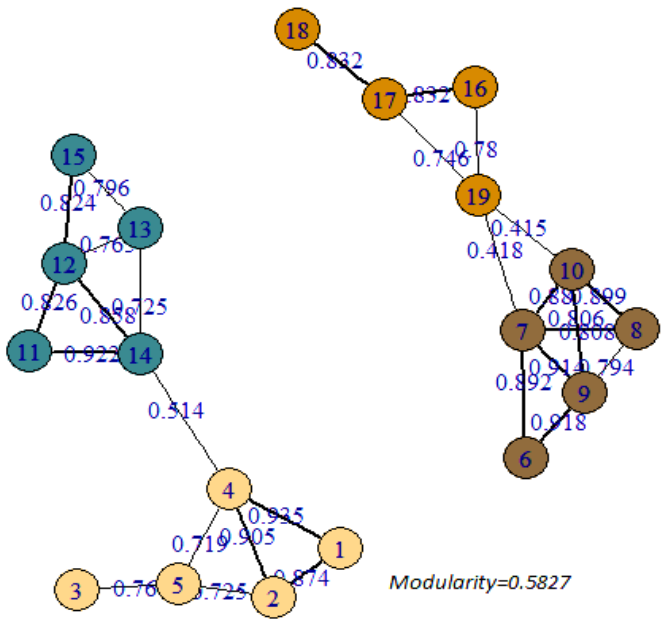
Our final sample BPT classification. We find 190 Star Forming galaxies (red), 44 Composite (green), 16 Seyfert (blue), 3 Seyfert/LINERs (magenta) and 1 LINER (yellow) galaxies.

Κοινότητες σε δίκτυα συνδεσιμότητας χρονοσειρών με εφαρμογές σε επιληπτικά ηλεκτροεγκεφαλογραφήματα

Λυσσούδης Χρήστος
(επιβλ. Δ. Κουγιουμτζής)

Σκοπός της παρούσας (διπλωματικής) εργασίας είναι η δημιουργία και η μελέτη κοινοτήτων μέσα σε δίκτυα συνδεσιμότητας χρονοσειρών με εφαρμογή σε ηλεκτροεγκεφαλογραφήματα (ΗΕΓ) ασθενών με επιληψία.

Θεωρούμε μια πολυμεταβλητή χρονοσειρά και χρησιμοποιούμε το μέτρο του Συγχρονισμού Συμβάντων (Event Synchronization, ES). Το ES(X →Y) ποσοτικοποιεί την τάση μιας χρονοσειράς Y να εμφανίζει συμβάντα, π.χ. κορυφές, όταν μια



άλλη χρονοσειρά Χ εμφανίζει συμβάν σε παραπλήσια χρονική στιγμή. Το μέτρο υπολογίζεται σε όλα τα ζεύγη (Χ,Υ) των Κ παρατηρούμενων μεταβλητών και δίνει έναν συμμετρικό τετραγωνικό πίνακα βαρών (τα διαγώνια στοιχεία είναι κενά). Αυτός ο πίνακας βαρών ορίζει το δίκτυο με κόμβους τις Κ μεταβλητές και κατευθυνόμενες σταθμισμένες συνδέσεις που δίνονται από την τιμή του ES. Χρησιμοποιώντας έλεγχο τυχαιοποίησης σημαντικότητας του ES μετατρέπουμε τον σταθμισμένο πίνακα σε πίνακα γειτνίασης και τις σταθμισμένες συνδέσεις σε απλές συνδέσεις δικτύου. Στον δίκτυο σταθμισμένων ή απλών συνδέσεων διερευνούμε κοινότητες, δηλαδή περιοχές του δικτύου που τείνουν να έχουν κοινές συνδέσεις και να διαχωρίζονται από άλλες περιοχές. Η ένταση του διαχωρισμού σε κοινότητες μετριέται με το χαρακτηριστικό δικτύου modularity.

Στην εργασία γίνονται προσομοιώσεις σε γνωστά δυναμικά και συζευγμένα συστήματα πολλών μεταβλητών με δεδομένη δομή σύνδεσης που έχει ή δεν έχει κοινότητες, οι οποίες μπορεί να είναι ασύνδετες ή ασθενώς συνδεδεμένες. Αξιολογείται η διακριτική ικανότητα του μέτρου συνδεσιμότητας ES σε συνδυασμό με το δείκτη δικτύου modularity. Φαίνεται πως η προτεινόμενη διαδικασία μπορεί ικανοποιείται να εντοπίσει την εμφάνιση κοινοτήτων στο δίκτυο.

Στη συνέχεια η εργασία επικεντρώνεται σε επιληπτικά ΗΕΓ με σκοπό να εφαρμόσει την παραπάνω διαδικασία σε κυλιόμενα παράθυρα ΗΕΓ για να διαχωρίσει την προκριτική (pre-ictal) περίοδο, της περιόδου δηλαδή που προηγείται μιας κρίσης, και τη μεσοκριτική (inter-ictal) περιόδου, όπου καταγράφεται φυσιολογικό ΗΕΓ.

Στο σχήμα δίνεται, για μια δομή συνδεσιμότητας προσομοιωτικού δυναμικού συστήματος που αποτελείται από 4 κοινότητες (τα τέσσερα διαφορετικά χρώματα), η εκτίμηση του αντίστοιχου δικτύου με το ES.

– – – – –

Ανάπτυξη μοντέλων χαρακτηρισμού για λογικές πύλες

Μεσσάρης Ιωάννης
(*επιβλ.* Σ. Νικολαΐδης)

Η ερευνητική δραστηριότητα που θα παρουσιαστεί αφορά την ανάπτυξη μοντέλων χαρακτηρισμού των προκαθορισμένων κελιών μίας βιομηχανικής βιβλιοθήκης ψηφιακών πυλών «NangateOpenCell» στην τεχνολογία των επίπεδων διατάξεων τρανζίστορ με ελάχιστο μήκος δίαυλου τα 45nm. Η υλοποίηση των προτεινόμενων μοντέλων έχει ως στόχο την πρόβλεψη της συμπεριφοράς των κελιών για οποιαδήποτε διαμόρφωση (configuration).

Το βασικό κύκλωμα στα ψηφιακά συστήματα είναι ο απλός CMOS αντιστροφέας. Η μοντελοποίηση της λειτουργίας των ψηφιακών πυλών στηρίζεται στην ανάπτυξη αναλυτικού μοντέλου για τη περιγραφή της λειτουργίας του αντιστροφέα (inverter – πύλη NOT). Πιο συγκεκριμένα, πολύπλοκες πύλες μπορούν να αναχθούν σε έναν ισοδύναμο αντιστροφέα ρυθμίζοντας κατάλληλα τις διαστάσεις των τρανζίστορ που τον αποτελούν έτσι ώστε η κυματομορφή της τάσης στην έξοδο του ισοδύναμου αντιστροφέα να ταυτίζεται με την κυματομορφή της τάσης στην έξοδο της πύλης. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να απλοποιηθεί σημαντικά και συνεπώς να επιταχυνθεί η διαδικασία ανάπτυξης των μοντέλων για πολύπλοκες πύλες.

Το μοντέλο που αναπτύχθηκε προσομοιώνει με ικανοποιητική ακρίβεια τόσο τη χρονική εξέλιξη της τάσης εξόδου του κυκλώματος, όσο και τις τιμές του ρεύματος στους ακροδέκτες των κελιών σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές.

Οι τιμές χαρακτηρισμού που απαιτούνται από τις προαναφερόμενες τεχνολογίες στη συμβατική προσέγγιση, λαμβάνονται από προσομοίωση των κελιών σε εργαλεία τύπου Spice. Πρόκειται για μια προσέγγιση που, ενώ εξασφαλίζει την ακρίβεια των λαμβανόμενων μετρήσεων, παρουσιάζει το σημαντικό μειονέκτημα του αργού χρόνου εκτέλεσης των προσομοιώσεων.

Το πρόβλημα αυτό εντείνεται όταν πρέπει να ληφθούν μετρήσεις χαρακτηρισμού για το σύνολο των πυλών μιας βιβλιοθήκης αναφοράς σε πολλαπλές γωνίες σχεδιασμού (corners). Επιπλέον, το γεγονός ότι οι τιμές χαρακτηρισμού χρειάζεται να ανταποκρίνονται σε ένα μεγάλο εύρος σχεδιαστικών γωνιών (corners) έχει ως αποτέλεσμα το σύνολο των παραγόμενων αρχείων να καταλαμβάνουν τεράστιο αποθηκευτικό χώρο, καθιστώντας την απαιτούμενη διαδικασία συνολικά μη πρακτική.

Τα μοντέλα αναπτύχθηκαν με σκοπό να αντιμετωπίσουν τα αναφερόμενα προβλήματα. Η υλοποίηση των μοντέλων για τα κελιά βασίζεται στη λύση αναλυτικών εκφράσεων οι οποίες αποτελούν λύσεις διαφορικών εξισώσεων που προσομοιωτές τύπου Spice λύνουν με αριθμητικούς αλγόριθμους όπως είναι ο Newton-Raphson. Αλγόριθμοι αυτού του τύπου λύνουν της διαφορικές εξισώσεις με επαναληπτικές μεθόδους που εισάγουν το πρόβλημα του αργού χρόνου εκτέλεσης. Τα προτεινόμενα μοντέλα των κελιών, με την ακολουθούμενη προσέγγιση, επιταχύνουν την παραγωγή των απαιτούμενων τιμών χαρακτηρισμού κατά δυο τάξεις μεγέθους (≈100) με μια αναπόφευκτη υποβάθμιση στην ακρίβεια της τάξης του 5 – 10 %. Η μεγάλη αύξηση στην ταχύτητα των προσομοιώσεων δίνει επίσης τη δυνατότητα για τη δυναμική παραγωγή των απαραίτητων αρχείων γεγονός που εξαλείφει και το πρόβλημα της απαίτησης μεγάλου αποθηκευτικού χώρου.

– – – – –

Δομή υπέρλεπτων ημιαγωγικών υμενίων με δισδιάστατη συμπεριφορά

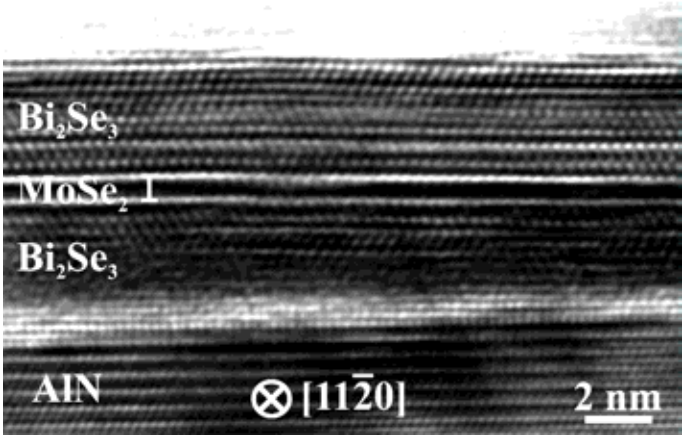
Κ. Μπαζιώτη[1], Γ. Π. Δημητρακόπουλος[1], Θ. Καρακώστας[1], Π. Τσιπάς[2], Ε. Ξενογιαννοπούλου[2], Α. Δημουλάς[2], Ε. Δημάκης[2], Θ. Μουστάκας[3], Φ. Κομνηνού[1]

[1]Τμήμα Φυσικής, ΑΠΘ, [2]Ινστιτούτο Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας, Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ, Αθήνα, [3]Boston University, Boston, MA 02215, U.S.A.

(*επιβλ. Γ. Π. Δημητρακόπουλος*)

Μελετήθηκαν οι διεπιφανειακές ιδιότητες και η παραμορφωσιακή κατάσταση δισδιάστατων ημιαγωγικών ετεροδομών σεληνιδίων και νιτριδίων με την τεχνική της ηλεκτρονικής μικροσκοπίας διέλευσης υψηλής διακριτικής ικανότητας (HRTEM). Οι δομές αυτές είναι πολλά υποσχόμενες για εφαρμογές τοπολογικών μονωτών (π.χ. spintronics, κβαντικοί υπολογιστές). Επίσης πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις σε εικόνες HRTEM και μετρήσεις πεδίων παραμόρφωσης με γεωμετρική ανάλυση φάσης και τη μέθοδο εύρεσης κορυφών για το δομικό χαρακτηρισμό σε ατομικό επίπεδο.

Εξετάστηκαν δύο διακριτά καινοτόμα συστήματα. Το πρώτο αφορά υπέρλεπτα υμένια ενώσεων σεληνιδίων ανεπτυγμένων σε μεγάλη έκταση επάνω σε υποστρώματα (0001)AlN/(111) Si με επιταξία μοριακής δέσμης (MBE). Στην περίπτωση του Bi_2Se_3, τα υμένια παρουσιάζουν συμπεριφορά τοπολογικού μονωτή. Η ανάλυση εικόνων αποκάλυψε τέλεια επιταξία ανάμεσα στο Bi_2Se_3 και το AlN, χωρίς χημική αλληλεπίδραση και αλληλοδιάχυση στη διεπιφάνεια. Αυτή η απευθείας ανάπτυξη ενός βήματος του Bi_2Se_3 σε μορφή μονοκρυστάλλου διευκολύνεται από την αντιστοίχιση των πλεγματικών του επιπέδων με το υπόστρωμα σε αναλογία 3:4, επιτρέποντας μείωση του πάχους του υμενίου σε τρία μόλις πενταπλά στρώματα, χωρίς να υποβαθμίζεται η ποιότητα και οι τοπολογικές του ιδιότητες. Παρατηρήθηκαν μόνο κατακόρυφα και οριζόντια σύνορα σχετικής στροφής 180°. Επιπλέον, το Bi_2Se_3 συνδυάζεται με ανάπτυξη δισδιάστατων υμενίων λίγων ατομικών στρωμάτων $MoSe_2$ ή/και $HfSe_2$ που ευνοούν τη μείωση διαστάσεων σε νανοηλεκτρονικές διατάξεις και έχουν εξαιρετική απόκριση σε εφαρμογές χαμηλής ισχύος. Οι παρατηρήσεις έδειξαν τέλειο επιταξιακό προσανατολισμό και υψηλή κρυσταλλική ποιότητα, χωρίς εκτεταμένες ατέλειες δομής, παρά τη μεγάλη διαφορά στις πλεγματικές σταθερές και τις χαμηλές θερμοκρασίες ανάπτυξης. Οι προσομοιώσεις εικόνας HRTEM επιβεβαίωσαν τη διεπιφανειακή δομή και η γεωμετρική ανάλυση φάσης χρησιμοποιήθηκε για να καθοριστούν οι πλεγματικές μεταβολές. Η χρήση του Bi_2Se_3 σαν στρώμα πυρηνοποίησης έδωσε υψη-



Σχήμα 1: HRTEM εικόνα κατά τον άξονα ζώνης [11$\bar{2}$0]$_{AlN}$ όπου παρουσιάζεται νανο-ετεροδομή $Bi_2Se_3/MoSe_2/Bi_2Se_3$ ανεπτυγμένη σε υπόστρωμα (0001) AlN.

λής κρυσταλλικής ποιότητας ετεροδομές $MoSe_2$/Bi_2Se_3. Συνεπώς δισδιάστατες πολυστρωματικές δομές ημιαγωγών/τοπολογικών μονωτών είναι δυνατές σε εφαρμογές καινοτόμων διατάξεων που αναδεικνύουν τις τοπολογικές ιδιότητες του Bi_2Se_3 (βλ. Σχ. 1).

Το δεύτερο σύστημα αφορά την τοπολογική συμπεριφορά των ψευδομορφικών InN/GaN κβαντικών φρεάτων η οποία ευνοείται από την ισχυρή εσωτερική πόλωση που εισάγεται λόγω της μεγάλης διαφοράς στις πλεγματικές σταθερές των δύο υλικών. Η θεωρητική πρόβλεψη για μία τέτοια συμπεριφορά είναι τα κβαντικά φρέατα να έχουν πάχος μικρότερο των πέντε ατομικών στρώσεων. Ως εκ τούτου είναι απαραίτητη η διατήρηση υψηλής κρυσταλλικής ποιότητας και διεπιφανειακής καθαρότητας, αποφεύγοντας φαινόμενα όπως η συσσωμάτωση του ινδίου και η διάχυσή του στα φράγματα GaN. Τα θέματα αυτά συσχετίζονται με την παραμορφωσιακή κατάσταση αυτών των στρωμάτων. Οι πειραματικές παρατηρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε κβαντικά φρέατα ανεπτυγμένα με MBE έτσι ώστε να είναι εφικτή η επίτευξη χαμηλών σχετικά θερμοκρασιών ανάπτυξης.

– – – – –

Ανάπτυξη και χαρακτηρισμός αγώγιμων βιομιμητικών ικριωμάτων για νευρική αναγέννηση

Παππά Φωτεινή

(*Διπλ. Μηχανικός Περιβάλλοντος, MSc in Nanosciences & Nanotechnologies*)

Στις Δυτικές Χώρες, σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμός Υγείας (WHO), τα Νευροεκφυλιστικά Νοσήματα αποτελούν σημαντική αιτία θανάτου και θεωρούνται πως είναι η πανδημία του 21ου αιώνα, με την επικινδυνότητα τους να αυξάνεται σημαντικά τα τελευταία χρόνια κυρίως λόγω της εξαιρετικής δυσκολίας να αναπτυχθεί επιτυχώς μία μέθοδος για τη πρόγνωση και θεραπεία τους. Η Νανοϊατρική έρχεται να φέρει νέες προσεγγίσεις για την πρόληψη των Νευροεκφυλιστικών κλινικών αναγκών προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα συχνά παρατηρούμενα φαινόμενα αυτών των νοσημάτων. Βιοαποικοδομήσιμα νανοϋλικά με διαστάσεις 1-100 nm, παρέχουν πληθώρα βιοϊατρικών εργαλείων και δυνατοτήτων, καθώς επίσης και προηγμένα πολυμερικά υλικά με καινοτόμες ικανότητες να προσομοιάζουν και να μιμούνται ικανά την Εξωκυττάρια Μήτρα των κυττάρων και να διασχίζουν τον Αιματοεγκεφαλικό Φραγμό μέσω εμβιομηχανικών υδρογελών και ικριωμάτων. Στην παρούσα εργασία παρασκευάστηκαν πολυμερικά Βιοαποικοδομήσιμα ικριώματα με τη μέθοδο της Ηλεκτροστατικής Ινοποίησης και έγινε μελέτη της κυτταροσυμβατότητας τους, με απώτερο στόχο την δημιουργία ενός σύνθετου νανοδομημένου συστήματος ικανό να προάγει την ανάπτυξη νευρικών κυττάρων και τη διαφοροποίηση τους σε νευρώνες προς την άρτια αναγέννηση του νευρικού ιστού. Πραγματοποιήθηκαν μελέτες ελέγχου και χειραγώγησης της προσκόλλησης, πολλαπλασιασμού και διαφοροποίησης των νευρικών κυττάρων παρουσία ενεργών παραγόντων ως προς την διαφοροποίησή τους σε συμπαθητικούς νευρώνες τόσο μορφολογικά, όσο και λειτουργικά επάνω στην επιφάνεια του πολυμερικού ικριώματος. Συμπεραίνεται πως τα παρασκευασμένα αγώγιμα πολυμερικά ικριώματα αποτελούν ένα μοναδικό βιολειτουργικό μικροπεριβάλλον που μιμείται την Εξωκυττάρια μήτρα, προάγει την κυτταρική προσκόλληση και πολλαπλασιασμό και με κατάλληλη επιφανειακή και βιολειτουργική τροποποίηση των επιφανειών, αποτελεί ένα πολύτιμο εργαλείο για την χειραγώγηση νευρικών κυττάρων, μία πολλά υποσχόμενη ιδιότητα που δίνει ώθηση για περαιτέρω εφαρμογές Αναγέννησης Ιστικής Μηχανικής.

– – – – –

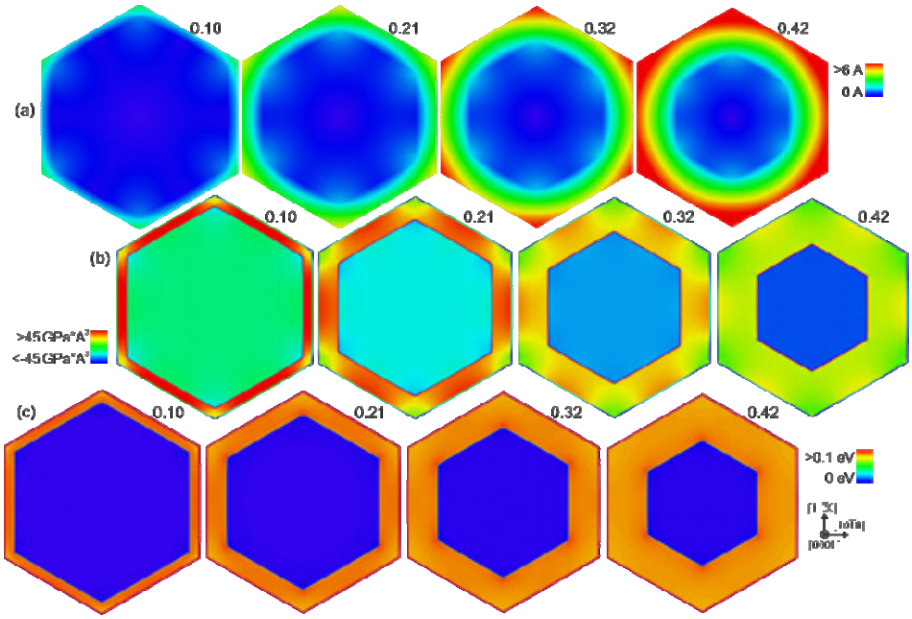
Δομικές και ηλεκτρονικές ιδιότητες νανοσυρμάτων διαμόρφωσης πυρήνα/φλοιού νιτριδίου του Γαλλίου/νιτριδίου του Αργιλίου

Θ. Παυλούδης[1], Φ. Κομνηνού[1], P. R. Briddon[2] και I. Κιοσέογλου[1]

[1]Τμήμα Φυσικής, ΑΠΘ, [2]School of Electrical and Electronic Engineering, Newcastle University, Newcastle upon Tyne NE1 7RU, United Kingdom

(*Επιβλ. I. Κιοσέογλου*)

Οι ετεροδομές ημιαγωγών δίνουν τη δυνατότητα του ελέγχου των ηλεκτρονικών ιδιοτήτων και συνεπώς βρίσκουν εφαρμογές σε μια ποικιλία οπτοηλεκτρονικών συσκευών. Τα νανοσύρματα διαμόρφωσης πυρήνα/φλοιού με διεύθυνση ανάπτυξης κατά τον πολικό άξονα επιδεικνύουν μη πολικές διεπιφάνειες χωρίς ατέλειες, ακόμα και για υλικά με μεγάλη πλεγματική ασυμφωνία, και προσφέρουν έτσι σημαντικές βελτιώσεις στην απόδοση των οπτοηλεκτρονικών συσκευών. Στην εργασία αυτή διερευνώνται



Σχήμα 1: (a) Η μετατόπιση των ατόμων σε σχέση με νανοσύρμα νιτριδίου του γαλλίου, (b) η μέση τάση κατά τις διευθύνσεις [11-20] και [10-10] και (c) η ενέργεια της διαμόρφωσης για τις διάφορες αναλογίες μεγεθών φλοιού/νανοσύρματος. Σε όλες τις περιπτώσεις τα άτομα είναι χρωματισμένα για με τη συγκεκριμένη ιδιότητα σύμφωνα με τη συνοδευτική χρωματική στήλη.

τα νανοσύρματα διαμόρφωσης πυρήνα/φλοιού νιτριδίου του γαλλίου/νιτριδίου του αργιλίου με τον κώδικα μοριακής δυναμικής LAMMPS και των κώδικα πρώτων αρχών AIMPRO. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται μοντέλα νανοσυρμάτων εξαγωνικής διατομής που αποτελούνται από χιλιάδες άτομα για μια ποικιλία σχετικών μεγεθών πυρήνα/φλοιού. Αρχικά, εξετάζονται η μετατόπιση των ατόμων μετά την αφηρέμηση και η μεταβολή της πλεγματικής παραμέτρου a κατά τη διεύθυνση [10$\underline{1}$0] και [11$\underline{2}$0]. Τα αποτελέσματα δείχνουν πως πυρήνας του νανοσύρματος συμπιέζεται με την αύξηση του σχετικού μεγέθους του φλοιού. Ο υπολογισμός των μέσων τάσεων κατά τις διευθύνσεις [10$\underline{1}$0] και [11$\underline{2}$0] δείχνει πως ο φλοιός είναι υπό εκτατική τάση στις πλευρές του νανοσύρματος. Η τάση είναι σχεδόν μηδενική στις γωνίες του νανοσύρματος (βλ. Σχ. 1). Ο πυρήνας είναι υπό εντατική τάση, η οποία είναι μεγαλύτερη στις πλευρές και γίνεται σχεδόν μηδενική προς το κέντρο του νανοσύρματος. Τέλος, εξετάζεται η πυκνότητα των ενεργειακών σταθμών και εξάγονται τα ενεργειακά χάσματα των νανοσυρμάτων. Με βάση αυτά τα αποτελέσματα, υπολογίζεται και δίνεται σχέση που προβλέπει με ακρίβεια και ακολουθεί το δεύτερο νόμο του Vegard και λαμβάνει ως μεταβλητή την αναλογία μεγεθών πυρήνα/φλοιού.

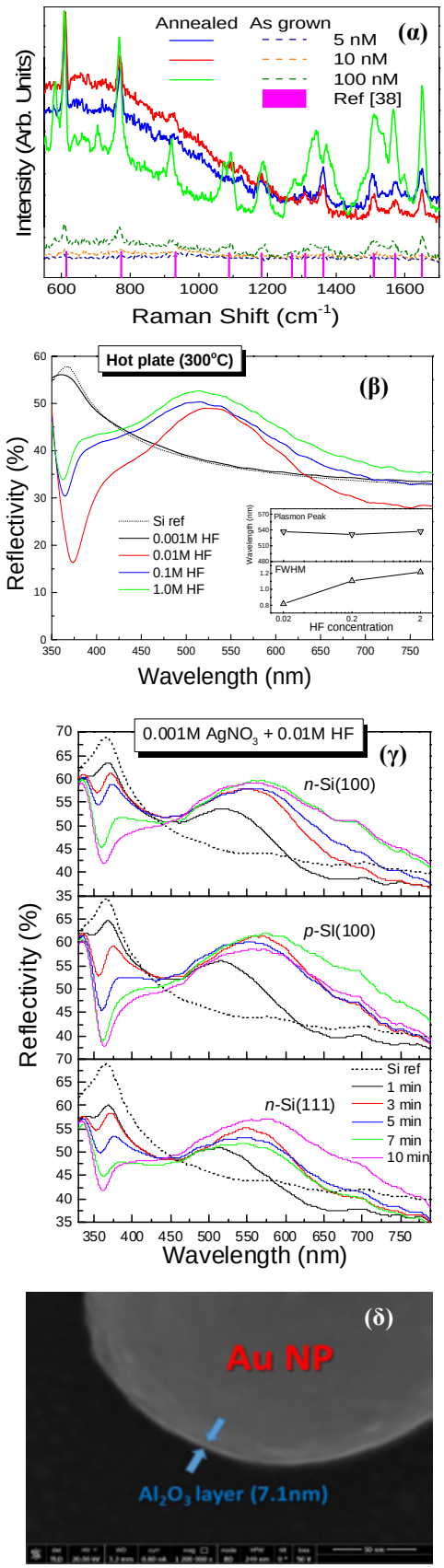
Ανάπτυξη και αυτο-οργάνωση πλασμονικών σωματιδίων με εφαρμογές τους σε μοριακούς αισθητήρες

Ν. Πλιάτσικας[1], Ι. Αρβανιτίδης[1], Δ. Χριστόφιλος[2], Y. Mastai[3], N. Καλφαγιάννης[4], Δ. Κουτσογιώργης[4], Θ. Χολή-Παπαδοπούλου[5], Γ. Βουρλιάς[1] και Π. Πατσαλάς[1]

[1] Τμήμα Φυσικής, ΑΠΘ, [2] Τμήμα Χημικών Μηχανικών, ΑΠΘ, [3] Department of Chemistry and the Institute of Nanotechnology, Bar-Ilan University, Ramat-Gan, Israel, [4] School of Science and Technology, Nottingham Trent University, NG11 8NS, Nottingham, UK, [5] Τμήμα Χημείας, ΑΠΘ

(*Επιβλ. Π. Πατσαλάς*)

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια εκρηκτική ανάπτυξη του ενδιαφέροντος σε μοριακούς αισθητήρες που βασίζονται σε μεταλλικά νανοσωματίδια, στα οποία συμβαίνει ο εντοπισμένος επιφανειακός πλασμονικός συντονισμός (Localized Surface Plasmon Resonance - LSPR) και η Επιφανειακά Ενισχυμένη Σκέδαση Raman (Surface Enhanced Raman Scattering - SERS). Στην παρούσα μελέτη σχεδιάστηκαν και αναπτύχθηκαν νέα πλακίδια SERS ως αισθητήρες για βιοχημική και μικροβιολογική χρήση όπου δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην ενίσχυση της λειτουργικότητας (functionalization) των πλακιδίων για την εφαρμογής τους και ως βιοαισθητήρες. Έγινε ανάπτυξη πλασμονικών επιστρωμάτων μέσω απλής ηλεκτρολυτικής εναπόθεσης από υδατικό διάλυμα νιτρικού αργύρου με υδροφθόριο ακολουθούμενο από θερμική ανόπτηση ή κατεργασίες παλμικού λέιζερ. Οι παράγοντες που εξετάστηκαν ήταν ο χρόνος εναπόθεσης, η συγκέντρωση του διαλύματος, η επίδραση του υποστρώματος καθώς και οι συνθήκες ανόπτησης και λέιζερ, δηλαδή ενέργεια και αριθμός παλμών (Σχ. 1β και γ). Για τη λειτουργικότητα των υποστρωμάτων έγινε εναπόθεση



Σχήμα 1: Μετρήσεις SERS στο μόριο της R6G για πλασμονικά υποστρώματα πριν και μετά την ανόπτηση (α). ORS των πλασμονικών νανοσωματιδίων συναρτήσει της περιεκτικότητας του διαλύματος σε υδροφθόριο (β) και του χρόνου εναπόθεσης για διάφορα υποστρώματα Si (γ). Εικόνα HR SEM πλασμονικών νανοσωματιδίων χρυσού που επικαλύφθηκαν με ένα στρώμα Al_2O_3 (7.1 nm) για ενίσχυση της λειτουργικότητας (δ).

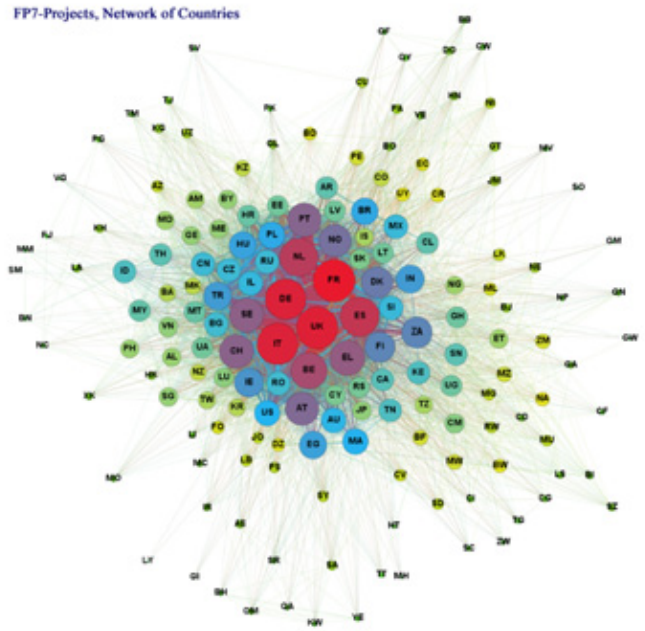
πολύ λεπτού υμενίων Αλουμίνας (Al_2O_3) με την τεχνική Εναπόθεσης Ατομικής Στρώσης (ALD) όπου εξετάστηκε η υδροφιλοποίηση της επιφάνειας με απώτερο σκοπό τη χρήση των δειγμάτων ως μοριακοί ανιχνευτές (Σχ. 1δ). Ο οπτικός χαρακτηρισμός έγινε με τη Φασματοσκοπία Οπτικής Ανακαστικότητας (ORS) υπεριώδους-ορατού φωτός ενώ ο δομικός τους χαρακτηρισμός βασίστηκε σε τεχνικές ακτίνων-Χ (XRD, XPS) και μικροσκοπία ηλεκτρονίων Auger (SAM). Για τη μελέτη των πλασμονικών υποστρωμάτων ως υποστρώματα SERS χρησιμοποιήθηκε η Φασματοσκοπία Raman Υψηλής Ανάλυσης (HR Raman) από μετρήσεις υδατικού διαλύματος Ροδαμίνης (R6G). Κατά τη διαδικασία των μετρήσεων εξετάστηκαν παράμετροι όπως η συγκέντρωση του διαλύματος Ροδαμίνης, η διαδικασία εναπόθεσης του διαλύματος (εμβάπτιση ή εναπόθεση σταγόνας) και το μήκος κύματος του λέιζερ (Σχ. 1α).

Επίσης αναπτύχθηκαν αισθητήρες μεταλλικών ιόντων που εκμεταλλεύονται την πλασμονική ενίσχυση των φωτοκαταλυτικών διαδικασιών προκειμένου να ανιχνεύσουν βαρέα μέταλλα όπως το Μαγγάνιο από το νερό. Για την επίτευξη αυτού δημιουργήθηκαν μεταλλικά πλασμονικά νανοσωματίδια πάνω από την ενεργό επιφάνεια του φωτοκαταλυτικού στρώματος τιτανίας (TiO_2) και τιτανίας ντοπαρισμένη με άζωτο (TiO_xN_y). Από τα αποτελέσματα είδαμε μία ενίσχυση στην προσρόφηση των ιόντων με ταυτόχρονη αλλαγή στην οξειδωτική κατάσταση του μετάλλου, ενώ η διαδικασία λόγο της πλασμονικής ενίσχυσης είναι πολύ γρήγορη και άμεση δίνοντας ενθαρρυντικές ενδείξεις για χρήση σε βιομηχανική κλίμα.

Ανάλυση κοινωνικών δικτύων με Γράφους

Μαρία Τσουχνικά
(Επιβλ. Π. Αργυράκης)

Με τον όρο «κοινωνικό δίκτυο» (social network) περιγράφουμε μία κοινωνική δομή, αποτελούμενη από ένα σύνολο ατόμων (ή ομάδων ατόμων), τα οποία διέπει μία σχέση αλληλεπίδρασης. Έτσι, οι μαθητές ενός σχολείου και οι μεταξύ τους φιλίες, η επιστημονική κοινότητα και οι μεταξύ τους συνεργασίες, οι χρήστες ιστοσελίδων κοινωνικής δικτύωσης (Facebook, Twitter, LinkedIn κτλ) και οι μεταξύ τους συσχετίσεις συνιστούν παραδείγματα κοινωνικών δικτύων.



Γράφος (graph/network), ονομάζεται το μαθηματικό μοντέλο περιγραφής τέτοιων δικτύων, κατά το οποίο τα μέλη της κοινωνικής δομής παριστάνονται με ακμές/κόμβους (vertices/nodes) και οι μεταξύ τους σχέσεις με δεσμούς/γραμμές (edges/links) που τους συνδέουν. Σημειώνεται ότι η χρήση του Γράφου δεν περιορίζεται μόνο στα κοινώνικά δίκτυα, αλλά αφορά και σε οποιοδήποτε άλλο σύστημα που αποτελείται από οντότητες που αλληλεπιδρούν, όπως, για παράδειγμα, πρωτεΐνες που αλληλεπιδρούν μέσω χημικών αντιδράσεων (βιολογικά δίκτυα/biological networks), έμβια όντα που ανήκουν στην ίδια τροφική αλυσίδα (δίκτυα τροφικής αλυσίδας/food chain networks), κ.ά.. Ο Γράφος είναι ένας φυσικός και απλός τρόπος περιγραφής και μελέτης των ιδιοτήτων κοινωνικών - και όχι μόνο - δικτύων, που είναι ταυτόχρονα και πολύ ισχυρός, αφού υποστηρίζεται από μία πλούσια μαθηματική υποδομή, τη θεωρία Γράφων (graph/network theory), που διαθέτει ποικίλα θεωρήματα, εργαλεία και μεθόδους. Με τους Γράφους καθίσταται δυνατή η εξαγωγή συμπερασμάτων για τη δομή, την ιεραρχία αλλά και τη λειτουργικότητα κοινωνικών δικτύων, που δε θα ήταν δυνατό να εξαχθούν με απλή στατιστική μελέτη του συστήματος που αντιπροσωπεύουν. Η μελέτη των κοινωνικών δικτύων άνθισε τα τελευταία χρόνια, κυρίως λόγω της ραγδαίας ανάπτυξης του διαδικτύου, που τροφοδοτεί τους ερευνητές με δεδομένα τεράστιου όγκου (big data) για τα συστήματα αυτά. Με την ανάλυση των κοινωνικών δικτύων, μπορούμε να μελετήσουμε τις ιδιότητές τους, με απώτερο στόχο να προτείνουμε τρόπους που θα τα καταστήσουν περισσότερο αποδοτικά και λειτουργικά. Στην παρούσα ομιλία παρουσιάζεται η μελέτη δύο κοινωνικών δικτύων: α) του δικτύου επιστημονικών συνεργασιών που αναπτύσσονται στα πλαίσια του προγράμματος χρηματοδότησης ερευνητικών προγραμμάτων, FP7, και β) το δίκτυο συνεργασίας για την ανάπτυξη και κατοχύρωση ευρεσιτεχνιών. Τα αποτελέσματα της μελέτης των δικτύων αυτών δίνουν χρήσιμες πληροφορίες σε φορείς χάραξης πολιτικής (policy makers).

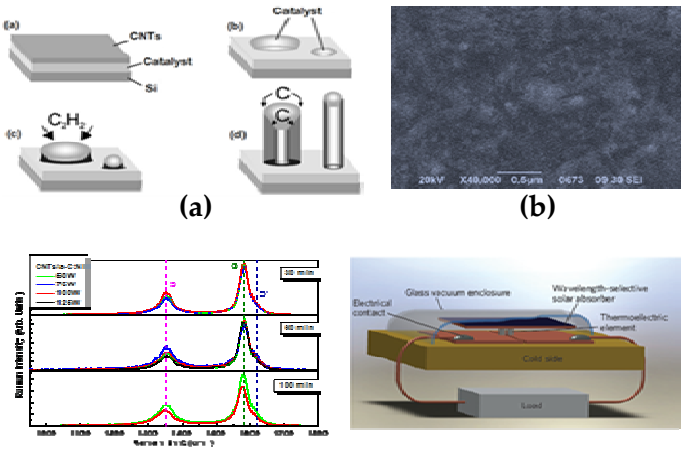
– – – – –

Ανάπτυξη και φυσικές ιδιότητες υπερμελανών υλικών για φωτοθερμικές εφαρμογές

Η. Φέκας[1], Κ. Φιλίντογλου[1], Δ. Χριστόφιλος[2], Γ. Αρβανιτίδης[1], Γ. Βουρλιάς[1], Κ. Μ. Παρασκευόπουλος[1], Π. Πατσαλάς[1]
(*Επιβλ. Π. Πατσαλάς*)

[1]Τμήμα Φυσικής, ΑΠΘ
[2]Τμήμα Χημικών Μηχανικών, ΑΠΘ

Στόχος της διδακτορικής διατριβής είναι η ανάπτυξη της επιστήμης και τεχνολογίας υπερμελανών (super-black) υλικών με υψηλή θερμική αγωγιμότητα για φωτοθερμική συλλογή της ηλιακής ενέργειας. Για τα νέα υλικά ισχύουν προδιαγραφές πολύ μεγάλης απορρόφησης στο ορατό και υπεριώδες (υπερ-μελανά) και μικρή εκπομπή στο υπέρυθρο (αποφυγή ακτινοβολίας μέλανος σώματος). Σκοπός είναι να μελετηθεί η καταλληλότητα νανοδομημένων ανθρακούχων καταλυτών νανοσωματιδίων Ni, για την ανάπτυξη νανοσωλήνων άνθρακα (CNT's) και κατ'



Ανάπτυξη CNTs από καταλυτικά νανοσωματίδια με TCVD, b) Εικόνα SEM CNTs, c) Φάσμα Raman CNTs σε καταλύτες διαφορετικής χημικής σύστασης Ni και διαφορετικών χρόνων ανάπτυξης, d) αναπαράσταση μιας ηλιακής θερμοηλεκτρικής γεννήτριας (STEG)

επέκταση υπερ-μελανών επιφανειών κατάλληλων για ηλιακές-φωτοθερμικές εφαρμογές (solar thermoelectrics) με υψηλή απόδοση και χαμηλό κόστος παραγωγής. Επιπλέον, περιλαμβάνεται η περαιτέρω διερεύνηση και κατανόηση επιφανειακών φαινομένων αυτού του είδους ανομοιογενών υλικών. Συγκεκριμένα, πολύ σημαντική είναι η κατανόηση της επίδρασης της επιφανειακής χημείας και της δομής (επιφανειακή ηλεκτρονική διαμόρφωση) στην οπτική απόδοση των εξεταζόμενων υλικών. Λαμβάνοντας υπόψη το μικρό μέγεθος των μεταλλικών νανοσωματίδιων και των νανοσωλήνων άνθρακα σε αναλογία με τη μεγάλη επιφάνεια στην οποία αναπτύσσονται, οι επιφανειακές επιπτώσεις έχουν μεγάλη σημασία.

Η φωτο-θερμική συλλογή και διαχείριση της θερμικής ενέργειας αναδεικνύεται ως πολύ ανταγωνιστική, αποδοτική και καινοτόμα έναντι των παραδοσιακών φωτοβολταϊκών (PV) και οργανικών φωτοβολταϊκών (OPV). Έχει αναπτυχθεί πρόσφατα νέα τεχνολογία [1] για την ανάπτυξη των υπερ-μελανών επιφανειών νανοσωλήνων άνθρακα και απέδειξαν τις δυνατότητές τους για την φωτο-θερμική συλλογή ηλιακής ενέργειας. Αυτή ήταν και η πρώτη έκθεση εφαρμογής CNT's στον τομέα της ηλιακής θερμικής ενέργειας και ανοίγει νέες προοπτικές για τη χρήση των CNT's , ειδικά αν λάβουμε υπόψη την πρόσφατη δυναμική εμφάνιση της ως μια εξαιρετικά αποδοτική εναλλακτική πηγή ανανεώσιμης ενέργειας [1]. Για να γίνει δυνατή η επίτευξη αυτού του στόχου υπάρχουν πολλές προδιαγραφές που πρέπει να τηρηθούν. Ιδιαίτερης σημασίας είναι η προσκόλληση των CNTs στην επιφάνεια του συλλέκτη, ελαχιστοποιώντας την εκπομπή υπερύθρου των CNTs. Προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες λόγω ανακλαστικότητας των CNT's στο υπέρυθρο, σε επόμενο στάδιο θα γίνει ενθυλάκωση των νανοσωλήνων σε περιβάλλον απορρόφησης υπερύθρου για ελαχιστοποίηση της ακτινοβολίας μέλανος σώματος (νανο-θερμοκήπιο).

Για την ανάπτυξη των CNT's η χρήση της μεθόδου της θερμικής χημικής εναπόθεσης ατμών (Thermal CVD) είναι ευρέως διαδεδομένη, ωστόσο η δομική ποιότητα και η μορφολογία των παραγόμενων CNT's επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τα αντιδρώντα αέρια άνθρακα που χρησιμοποιούνται (μεθάνιο, αιθυλένιο, ασετιλίνη), τη ροή του μείγματος των αερίων, το επίπεδο των ακαθαρσιών καθώς και τη θερμοκρασία ανάπτυξης, η οποία θέλουμε να είναι κατά το δυνατόν χαμηλότερη ώστε να τηρούνται οι προϋποθέσεις ενεργειακής αποτελεσματικότητας της βιομηχανίας ηλιακών εφαρμογών. Το σημαντικότερο όμως ζήτημα στην ανάπτυξη CNT's με CVD, είναι η ανάπτυξη κατάλληλων καταλυτών, χρησιμοποιώντας διεργασίες μετασχηματισμού των ατμών σε στερεή φάση με ιοντοβολή διπλής καθόδου παράγοντας καταλύτες μη υδρογονωμένης μήτρας άνθρακα (a-C:Ni) με εγκλείσματα Ni, προκειμένου να εντοπιστεί η επίδραση στην ανάπτυξη των CNTs λόγω της φύσης της άμορφης μήτρας άνθρακα, της χημικής κατάστασης, και του μεγέθους του Ni [1].

Τέλος, απώτερος στόχος είναι ο σχεδιασμός και κατασκευή ενός ολοκληρωμένου ηλιακού συλλέκτη συνδέοντας την υπερ-μελανή επιφάνεια με μια θερμοηλεκτρική συσκευή, προκειμένου να διερευνηθεί κατά πόσο είναι αποδοτική η διάταξη μας όσον αφορά τα ηλιακά θερμοηλεκτρικά (solar thermoelectrics) [2].

[1] Panagiotopoulos, N. et al., ACS Nano, 2012.
[2] Kraemer, D. et al., Nature Materials, 2010.

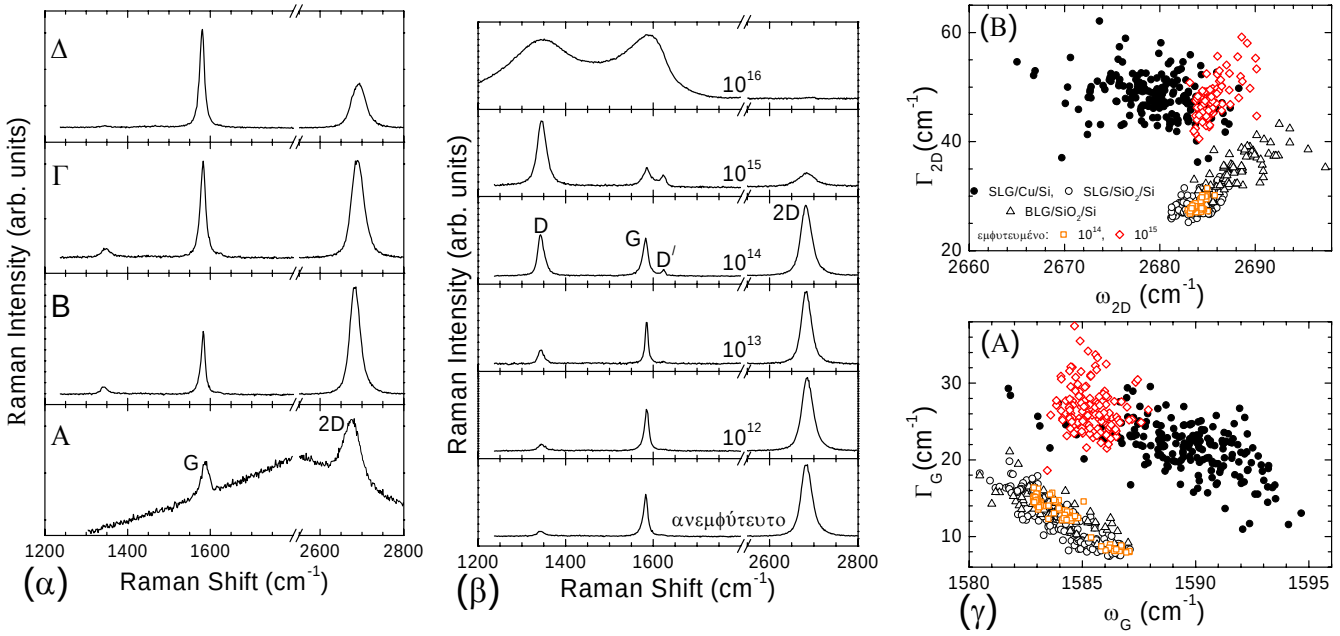
– – – – –

Μελέτη γραφενίου εμφυτευμένου με ιόντα N^+ ενέργειας 350 eV

Κ. Φιλίντογλου[1], Ι. Αρβανιτίδης[1], Μ. Κατσικίνη[1], Σ. Βες[1], Δ. Χριστόφιλος[2] και Γ.Α. Κουρούκλης[2]
(*Επιβλ. Ι. Αρβανιτίδης*)

[1]Τμήμα Φυσικής, ΑΠΘ
[2]Τμήμα Χημικών Μηχανικών, ΑΠΘ

Το γραφένιο λόγω των εντυπωσιακών ιδιοτήτων του χρησιμοποιείται ή πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε πολλές εφαρμογές νανοτεχνολογίας. Εάν και η εμφύτευση ιόντων έχει ως συνέπεια την δομική παραμόρφωση του γραφενίου, αποτελεί έναν εναλλακτικό τρόπο αύξησης της συγκέντρωσης των φορέων του μετά από ανόπτηση σε κατάλληλες συνθήκες [1]. Η φασματοσκοπία Raman είναι μία μη καταστρεπτική τεχνική που λόγω της ευαισθησίας της στις σχηματιζόμενες ατέλειες δομής χρησιμοποιείται εκτενώς για τη μελέτη του γραφενίου μέσω της καταγραφής των μεταβολών στις χαρακτηριστικές κορυφές Raman D, G και 2D [2]. Στην παρούσα μελέτη αναλύονται τα φάσματα Raman (λ_{exc}= 514.6 nm) γραφενίου σε υπόστρωμα Cu/Si και του μεταφερόμενου σε υπόστρωμα SiO_2/Si, καθώς και του γραφενίου/SiO_2/Si μετά την εμφύτευση με ιόντα N^+ ενέργειας 350 eV σε δόσεις 10^{12}, 10^{13}, 10^{14}, 10^{15} and 10^{16} cm^{-2}. Τυπικά φάσματα Raman από το γραφένιο στα υποστρώματα Cu/Si και SiO_2/Si παρουσιάζονται στο



Σχήμα 1: (α) Φάσματα Raman του (A) γραφενίου/Cu και (B-Γ) διαφορετικές θέσεις του γραφενίου/SiO_2/Si. (β) Φάσματα Raman του γραφενίου/SiO_2/Si για διάφορες δόσεις εμφύτευσης ιόντων N^+ 350 eV. (γ) Εύρος σαν συνάρτηση της συχνοτικής θέσης για (A) την κορυφή G και (B) την 2D.

Σχ. 1α. Οι συχνοτικές θέσεις, η μορφή, οι σχετικές εντάσεις των κορυφών G και 2D (I_{2D}/I_G), καθώς και η απουσία της συσχετιζόμενης με ατέλειες δομής κορυφής D στη περίπτωση του γραφενίου/Cu/Si ή η μικρή της ένταση στη περίπτωση του γραφενίου/SiO_2/Si, είναι ενδεικτικά της καλής ποιότητας των μελετώμενων δειγμάτων. Επιπλέον, τα φάσματα A και B είναι χαρακτηριστικά του μονοστρωματικού γραφενίου (SLG), ενώ τα φάσματα Γ και Δ είναι χαρακτηριστικά του διστρωματικού γραφενίου (BLG).

Όπως παρατηρούμε από το Σχ. 1β, η εμφύτευση ιόντων N^+ προκαλεί τη σταδιακή αύξηση της έντασης της κορυφής D, την εμφάνιση της, επίσης συσχετιζόμενης με ατέλειες της δομής, κορυφής D' για δόσεις εμφύτευσης 10^{14} και 10^{15} cm^{-2}, την απότομη μείωση της έντασης και την αύξηση του εύρους των κορυφών G και 2D για δόση εμφύτευσης 10^{15} cm^{-2} (όπως φαίνεται και στο Σχ. 1γ) και την δραματική αύξηση του εύρους των κορυφών G και 2D για δόση εμφύτευσης 10^{16} cm^{-2}. Λαμβάνοντας υπόψη τις αλλαγές στα φάσματα Raman και την υπάρχουσα βιβλιογραφία [2], συμπεραίνουμε ότι για δόση εμφύτευσης 10^{15} cm^{-2} το γραφένιο μετατρέπεται σε νανοκρυσταλλικό, ενώ για δόση εμφύτευσης 10^{16} cm^{-2} μετατρέπεται από νανοκρυσταλλικό σε άμορφο άνθρακα. Από το διάγραμμα συσχέτισης ω_G-ω_{2D} συνάγουμε ότι η εμφύτευση για δόσεις έως και 10^{14} cm^{-2} δε μεταβάλλει την παραμόρφωση και τη συγκέντρωση των φορέων του γραφενίου, ενώ από τη κλίση των δεδομένων I_D/I_G *vs.* $I_{D'}/I_G$ και με βάση την ανάλυση των Eckmann et al.[3] συμπεραίνουμε ότι οι ατέλειες είναι τύπου sp^3. Τέλος, από τις σχετικές εντάσεις I_D/I_G παρατηρούμε ότι το SLG είναι πιο ευαίσθητο δομικά στην εμφύτευση ιόντων από ότι το BLG.

[1] B. Guo, Q. Liu, E. Chen et al., Nano Lett. ***10*** *(2010) 4975-4980.*

[2] L. G. Cancado, A. Jorio, E. H. Martins Ferreira et al., Nano Lett. ***11*** *(2011) 3190-3196.*

[3] A. Eckmann, A. Felten, A. Mishchenko et al., Nano Lett. ***12*** *(2012) 3925-3930.*

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΕΙΣ ΑΦΙΣΑΣ

– – – – –

Διερεύνηση παραγόντων που επηρεάζουν την αξιολόγηση της ολικής στήλης όζοντος από δορυφόρους

Μαρίνα Ζάρα

Η αξιολόγηση της ολικής στήλης του όζοντος μέσω δορυφορικών οργάνων, όπως SCIAMACHY/Envisat, OMI/Aura, GOME-2/MetOp-A, παραμένει μια συνεχής προσπάθεια εδώ και δεκαετίες, σε σύγκριση με αντίστοιχες μετρήσεις από τα φασματοφωτόμετρα Dobson και Brewer Οι περισσότεροι σύγχρονοι δορυφορικοί αλγόριθμοι έχουν οδηγήσει τα δορυφορικά και επίγεια όργανα σε μια παγκόσμια συμφωνία γύρω από το επιθυμητό ποσοστό του ±1%. Ωστόσο, διαφοροποιήσεις στα κριτήρια επιλογής δορυφορικών και επίγειων μετρήσεων, στην επιλογή επίγειων σταθμών και στην επεξεργασία των

ανακτημένων ολικών στηλών όζοντος μπορούν να επηρεάσουν τις συγκρίσεις των οργάνων ποικιλοτρόπως. Στην παρούσα διπλωματική ως δορυφορικά δεδομένα ολικής στήλης όζοντος χρησιμοποιήθηκαν οι μετρήσεις ολικού όζοντος μέσω του αλγορίθμου GODFIT_v3 από τα όργανα SCIAMACHY/Envisat, OMI/Aura, GOME - 2/MetOp-A, στα πλαίσια του προγράμματος Ozone-CCI της ESA, και μέσω του αλγορίθμου GDP 4.7 από το όργανο GOME-2/MetOp-A, στα πλαίσια του προγράμματος O3M-SAF της EUMETSAT. Αρχικά, πραγματοποιήθηκε ένας διαχωρισμός των φασματοφωτομέτρων Brewer σε μονούς και διπλούς μονοχρωμάτορες για τη διαδικασία αξιολόγησης. Τα επίγεια δεδομένα ολικής στήλης όζοντος λήφθηκαν από τη βάση του Παγκόσμιου Κέντρου Όζοντος και Υπεριώδους Ακτινοβολίας, WOUDC. Όταν ένας επίγειος σταθμός φιλοξενεί και τους δύο τύπους του φασματοφωτομέτρου Brewer, συνηθίζεται οι ολικές στήλες όζοντος που ανακτώνται από τα συγκεκριμένα όργανα να θεωρούνται ίδιες και λαμβάνεται ο μέσος όρος τους. Πέρα των προβλέψεων, ο διαχωρισμός των δεδομένων ολικού όζοντος από τα όργανα Brewer σε δύο υποσύνολα σύμφωνα με τον τύπο του οργάνου οδηγεί σε μία σχεδόν πανομοιότυπη μορφή των διαγραμμάτων που περιγράφουν τη διαφορά των μετρήσεων όζοντος από το έδαφος κι από το διάστημα μεταξύ των δύο επίγειων οργάνων, μορφή όμοια με εκείνη που προκύπτει στην περίπτωση ενιαίας βάσης δεδομένων από τα Brewer. Ωστόσο, η τυπική απόκλιση που εμφανίζεται στους μονούς παρουσιάζει σημαντικά υψηλότερες τιμές από εκείνες του διπλού μονοχρωμάτορα. Στο δεύτερο σκέλος της εργασίας, η διερεύνηση πάνω σε χωρικά κριτήρια επιλογής ζευγών δορυφορικών και επίγειων μετρήσεων της ολικής στήλης του όζοντος οδήγησε στο συμπέρασμα πως για τους επιλεγόμενους επίγειους σταθμούς σε μηνιαία και εποχιακή βάση η ατμοσφαιρική κυκλοφορία και η μεταβλητότητά της δεν επηρεάζουν την αξιολόγηση είτε επιλεχθεί η πλησιέστερη στον επίγειο σταθμό δορυφορική μέτρηση όζοντος μέσα σε ακτίνα 150 χιλ. γύρω από τον σταθμό είτε η μέση τιμή των δορυφορικών μετρήσεων μέσα στην εν λόγω ακτίνα. Ωστόσο, μελετώντας το πρόβλημα σε ημερήσια βάση, διαπιστώνεται πως τα αποτελέσματα διαφοροποιούνται για συγκεκριμένες ζώνες γεωγραφικού πλάτους. Στη διερεύνηση των χρονικών κριτηρίων χρησιμοποιήθηκαν στιγμιαίες μετρήσεις ολικής στήλης όζοντος από το φασματοφωτόμετρο Brewer της πόλης της Θεσσαλονίκης στην Ελλάδα, αντί των δεδομένων του κέντρου WOUDC, καθώς αυτά καταχωρούνται ως μέσες ημερήσιες τιμές. Υπολογίστηκε η μέση τιμή του ολικού όζοντος γύρω από την ώρα περάσματος των τριών δορυφορικών οργάνων πάνω από τη Θεσσαλονίκη. Για τους δορυφόρους που περνούν τις πρωινές ώρες της ημέρας [ENVISAT & MetOp-A] οι σχετικές διαφορές τιμών ολικού όζοντος μεταξύ δορυφορικών και επίγειων οργάνων τείνουν σε πιο αρνητικές τιμές σε μηνιαία και εποχιακή βάση, με την τυπική απόκλιση ελαφρώς να μικραίνει, ιδιαίτερα την ψυχρή περίοδο, αλλά με τη μέση διαφορά ελαφρώς να μεγαλώνει. Ωστόσο, για τον απογευματινό δορυφόρο Aura, οι αντίστοιχες σχετικές διαφορές γίνονται λιγότερο αρνητικές. Μεταξύ των μετρήσεων ολικού όζοντος του OMI και του μονοχρωμάτορα Brewer παρατηρείται μια σχετικά σταθερή διαφορά, με το δορυφορικό όργανο να υποεκτιμά την ολική στήλη του όζοντος σε εποχιακή βάση. Το γεγονός αυτό καταδεικνύει την ημερήσια μεταβλητότητα του τροποσφαιρικού όζοντος κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου πάνω από την αστική περιοχή όπου είναι τοποθετημένο το Brewer, υποδηλώνοντας τη σταθερή και ανεξάρτητη εποχικότητας συμπεριφορά του OMI. Στο τελευταίο σκέλος της διπλωματικής, πραγματοποιήθηκε επεξεργασία του ολικού όζοντος από το φασματοφωτόμετρο Dobson με σκοπό να αντιμετωπιστεί η γνωστή εξάρτηση των οργάνων Dobson από την ενεργό θερμοκρασία. Επιλέχθηκαν και διερευνήθηκαν δύο διαφορετικές ενεργές θερμοκρασίες: η μία αποτελεί προϊόν του δορυφορικού αλγορίθμου GODFIT_v3 και η δεύτερη ενός μοντέλου πρόβλεψης καιρού μέσης κλίμακας της βάσης ECMWF. Όπως ήταν αναμενόμενο, παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση στις συγκρίσεις του δορυφορικού ολικού όζοντος και του «διορθωμένου» από το όργανο Dobson. Για ορισμένες ζώνες γεωγραφικού πλάτους, οι συγκρίσεις αυτές πλησιάζουν αισθητά εκείνες που παρατηρούνται μεταξύ του δορυφόρου και του φασματοφωτομέτρου Brewer.

– – – – –

Υπολογισμός της χρονικής καθυστέρησης (time lag) ανάμεσα στις μεταβολές του ύψους της τροπόπαυσης και τις συγκεντρώσεις του Be-7 στο επιφανειακό στρώμα της ατμόσφαιρας, για περιοχές της Φινλανδίας

Ιωαννίδου Ελευθερία
(Επιβλ. Α. Ιωαννίδου)

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να καθοριστεί η χρονική καθυστέρηση (time lag) μετα-

ξύ των μεταβολών του ύψους της τροπόπαυσης και των συγκεντρώσεων του ^{7}Be στον επιφανειακό αέρα σε βόρεια γεωγραφικά πλάτη πάνω από 60°N. Σύμφωνα με τις γνώσεις μας, στα μέσα γεωγραφικά πλάτη, υπάρχει μία ισχυρή θετική συσχέτιση ανάμεσα στις εποχιακές αλλαγές του ύψους της τροπόπαυσης και των συγκεντρώσεων του ^{7}Be στον επιφανειακό αέρα. Στην περίπτωση των 40°N έχει καθοριστεί μία χρονική υστέρηση μεταξύ τους 3 – 4 ημερών.

Στην παρούσα εργασία εξετάζουμε την επίδραση του ύψους της τροπόπαυσης στις συγκεντρώσεις του ^{7}Be στο επιφανειακό στρώμα της ατμόσφαιρας σε γεωγραφικά πλάτη άνω των 60°N. Η συγκέντρωση του ^{7}Be στο επιφανειακό στρώμα αέρα, κοντά στη επιφάνεια της γης έχει προσδιοριστεί για το έτος 2009, σε τρεις διαφορετικές περιοχές της Φινλανδίας: Ivalo (68°64′N, 27°57′E), Rovaniemi (66°51′N, 25°68′E), Kotka (60° 48′N, 26°92′E). Το 2009 ήταν ένα έτος ηλιακού ελαχίστου, δηλαδή ένα έτος με υψηλό ρυθμό παραγωγής ^{7}Be, και ταυτόχρονα ήταν μία χρονική περίοδος όπου η κοσμογενετική ροή ήταν υψηλή και σταθερή. Για το λόγο αυτό ήταν η ιδανική περίοδος για να μελετήσουμε ατμοσφαιρικές αλλαγές και να αποκαλύψουμε τις διαφορές στις διακυμάνσεις του ^{7}Be, εξαιτίας κάποιων μετεωρολογικών και εποχιακών διακυμάνσεων.

Για την ανάλυση μας, το ύψος της τροπόπαυσης προσδιορίστηκε υπολογιστικά για ένα μικρό κέλυφος – κυψέλη που κάλυπτε κάθε φορά κάθε μία περιοχή, για το έτος 2009 καθημερινά. Η εξίσωση που χρησιμοποιείται για να βρεθεί το ύψος της τροπόπαυσης δίνεται εδώ.

$$TropoHeight = \frac{Z_1 + Z_2}{2}$$

$$Z_1 = \frac{287 Temp_{1i}}{9{,}81 \log(\frac{\Pr_{1i}}{Tropopres_i}) + GH_{1i}}$$

Ο αριθμός 1 αναφέρεται στη μία ισοβαρή επιφάνεια και το (i) εκτείνεται από το 1 έως το 365 για όλες τις μέρες του 2009. Το ίδιο ισχύει και για τη δεύτερη επιφάνεια. Τα (Temp) και (Tropopres) αναφέρονται στη θερμοκρασία και την πίεση του αέρα στα επίπεδα της τροπόπαυσης. Τα (GH) και (Pr) αναφέρονται στο γεωδυναμικό ύψος και την πίεση που αντιστοιχούν στα κοντινότερα ισοβαρή επίπεδα. Κρατώντας την ίδια στήλη δεδομένων για το ^{7}Be υπολογίζουμε το συντελεστή συσχέτισης (R) για κάθε νέα στήλη με τα ημερήσια δεδομένα για το ύψος της τροπόπαυσης. Οι νέες στήλες δημιουργούνται πηγαίνοντας πίσω στο χρόνο, με βήμα μίας ημέρας, για να βρούμε πόσες ημέρες θα πρέπει να περι-

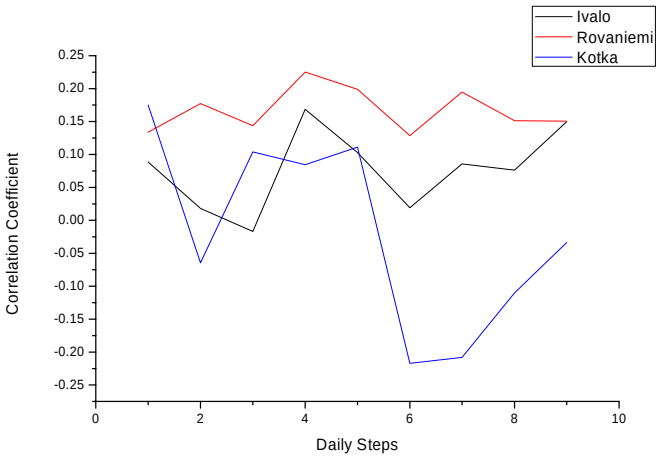


Figure 1: Day lag plot for the three locations in Finland.

μένουμε έως ότου οι συγκεντρώσεις του ^{7}Be ανταποκρίνονται στην ανύψωση του ύψους της τροπόπαυσης.

Η ανάλυση έδειξε ότι σε γεωγραφικά πλάτη πάνω από 60°N η συσχέτιση μεταξύ του ύψους της τροπόπαυσης και των συγκεντρώσεων του ^{7}Be είναι ασθενής. Για τις περιοχές Ivalo και Rovaniemi διαπιστώθηκε ότι οι αλλαγές στις καθημερινές επιφανειακές συγκεντρώσεις του ^{7}Be υστερούν των μεταβολών στην ανύψωση της τροπόπαυσης κατά τέσσερις ημέρες (Fig. 1). Στην περιοχή Kotka, η επίδραση του ύψους της τροπόπαυσης στις επιφανειακές συγκεντρώσεις του ^{7}Be είναι η πιο ασθενής. Εδώ, φαίνεται ότι η επιρροή των αερίων μαζών από την Ανατολή έχει μεγαλύτερη επίδραση στις συγκεντρώσεις του ^{7}Be από ότι το ύψος της τροπόπαυσης.

Όπως φαίνεται, σε υψηλά γεωγραφικά πλάτη, η συγκέντρωση του ^{7}Be στο επιφανειακό στρώμα επηρεάζεται από κλιματικά φαινόμενα και επίσης, η επίδραση των διαφόρων κλιματικών φαινομένων στην ενεργότητα του ^{7}Be είναι ευαίσθητη στην τοποθεσία. Αυτή είναι η πρώτη προσέγγιση προσδιορισμού των δεδομένων και απαιτείται περαιτέρω ανάλυση για ακριβέστερα συμπεράσματα.

Σύνθεση κεραιοσυστήματος για συλλογή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από το περιβάλλον

Αποστολία Καραμπατέα
(Επιβλ. Α. Σιακαβάρα)

Η αξιοποίηση της μικροκυματικής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (Η/Μ) που υπάρχει στο περιβάλλον έχει υπάρξει αντικείμενο συστηματικής έρευνας. Η συλλογή και μετατροπή

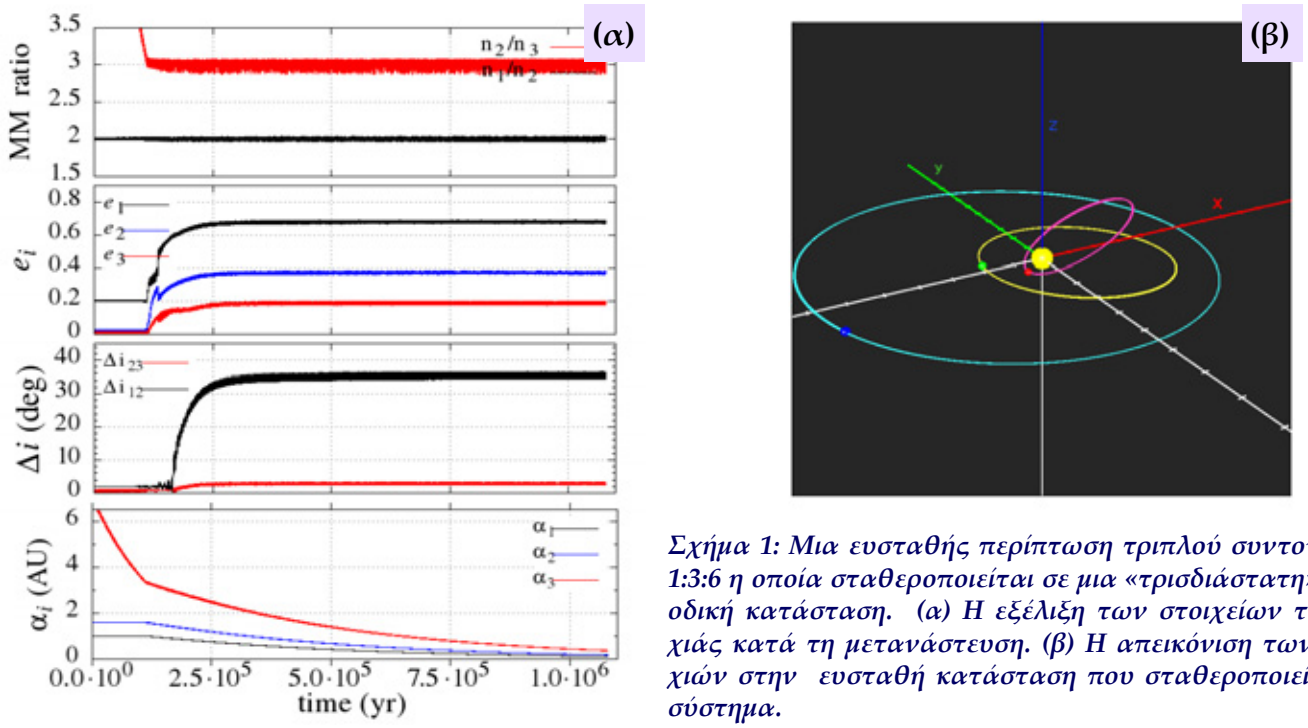
της ακτινοβολίας σε αποθηκεύσιμη ηλεκτρική ενέργεια, βοηθά την τροφοδοσία ασύρματων αισθητήρων, αποτελώντας μια τακτική ανακύκλωσης της ακτινοβολίας που ούτως ή άλλως υπάρχει στο περιβάλλον προερχόμενη από τηλεοπτικούς σταθμούς και ασύρματα τοπικά δίκτυα κινητών ή μη επικοινωνιών (GSM [890-910MHz], DCS/PCS/UMTS [1800-2100MHz], WiFi [2.45GHz]). Οι βασικές μονάδες υλοποίησης ενός συστήματος συγκομιδής Η/Μ είναι α) μια κεραία για λήψη και συλλογή του ηλεκτρομαγνητικού κύματος β) το ηλεκτρονικό σύστημα του ανορθωτή και γ) το σύστημα αποθήκευσης της ανορθωμένης ηλεκτρικής ισχύος. Η εργασία αυτή εστιάζει στην τοποθέτηση ενός στρώματος διηλεκτρικού κατάλληλα δομημένου μπροστά από την κεραία, για ενίσχυση της έντασης του προσπίπτοντος κύματος επιλεκτικά σε σημεία του διατιθέμενου χώρου λήψης όπου θα τοποθετηθούν τα στοιχεία των κεραιών-αισθητήρων. Το διηλεκτρικό στρώμα συμπεριφέρεται σαν τεχνητό μεταϋλικό. Πρόκειται για διηλεκτρική δομή με τεχνητή αρνητική ηλεκτρική και μαγνητική διαπερατότητα (**Double Negative_DNG**). Το πρώτο μοντέλο τεχνητού ισοτροπικού **DNG** υλικού αποτελούμενο από μικρά ισοτροπικά σφαιρίδια περιοδικά τοποθετημένα σε διηλεκτρικό υπόστρωμα, είχε προταθεί στη βιβλιογραφία. Το τεχνητό αυτό υλικό αποτελείται από δύο είδη σφαιριδίων, υψηλής ηλεκτρικής και υψηλής μαγνητικής διαπερατότητας, ή σφαιρίδια ίδιου υλικού με διαφορετικές διαστάσεις. Όταν βρεθούν σε κατάσταση συντονισμού στην ίδια περιοχή συχνοτήτων, η δομή εμφανίζει αρνητική ενεργό διηλεκτρική σταθερά και αρνητική μαγνητική διαπερατότητα. Τα σφαιρίδια λειτουργούν ως σκεδαστές, προκαλώντας διηλεκτρική πόλωση και μαγνήτιση ενώ όταν το μέγεθός τους είναι μικρό συγκριτικά με το μήκος κύματος στο υλικό του υποστρώματος, αλλά συγκρίσιμο με το μήκος κύματος στο υλικό των σκεδαστών, επιτυγχάνεται εξάρτηση των παραμέτρων του ενεργού μέσου μόνο από τη συχνότητα. Το γενικευμένο μοντέλο τέτοιας δομής, όπου τα σφαιρίδια ακτίνας α τοποθετούνται σε κυβικό πλέγμα πλεγματικής σταθεράς s, είναι η βάση μοντελοποίησης της ηλεκτρομαγνητικής απόκρισης των σφαιριδίων εντός του υλικού υποστρώματος. Οι βασικοί ρυθμοί διάδοσης στο υπόστρωμα διεγείρονται από το προσπίπτον ηλεκτρομαγνητικό επίπεδο κύμα που διαδίδεται εντός του και μπορούν να χαρακτηριστούν ως **E** ή **H** ρυθμοί στις συχνότητες κοντά στις ιδιοσυχνότητες της κοιλότητας των σφαιριδίων. Αναμένεται **DNG** συμπεριφορά, όταν η συχνότητα συντονισμού του E_{111} ρυθμού στα μεγάλα σφαιρίδια, συμπίπτει με αυτή του H_{111} ρυθμού στα μικρά σφαιρίδια. Στην παρούσα εργασία, η δομή μελετήθηκε αρχικά θεωρητικά, με υπολογισμό κατάλληλων τιμών για τις προαναφερθείσες παραμέτρους, ώστε να εμφανίζεται **DNG** συμπεριφορά στην προεπιλεγμένη συχνοτική περιοχή. Οι προσομοιώσεις επιβεβαίωσαν ικανοποιητικά την προτεινόμενη μεθοδολογία. Ερευνώντας διαφορετικές γωνίες προσπιπτόντων κυμάτων, μελετήθηκε η χρήση διστρωματικής δομής ως συλλέκτη **RF** ενέργειας. Επιβεβαιώθηκε η **DNG** συμπεριφορά του τεχνητού αυτού υλικού σε περισσότερες από μία συχνότητες, ενώ σημειώθηκαν αυξημένες τιμές πεδίου στα σημεία της δομής που προέβλεπε η θεωρητική προσέγγιση της πορείας του κύματος. Τα ποσά συλλεγόμενης ισχύος με βάση την προτεινόμενη μέθοδο, αναλόγως του σκοπού χρήσης, μπορούν να αυξηθούν με μεγαλύτερη δομή ή σύνδεση περισσότερων από μιας τέτοιων δομών. Σαν συμπέρασμα, η προτεινόμενη μέθοδος συλλογής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, βασιζόμενη στις τεχνολογικές εξελίξεις, προσφέρεται για εις βάθος διερεύνηση, καλύπτοντας αποτελεσματικά τις ανάγκες της αγοράς.

– – – – –

Εξέλιξη συστημάτων τριών πλανητών: μετανάστευση και παγίδευση σε συντονισμούς

Ορέστης Κώτσας
(Επιβλ. Γ. Βουγιατζής)

Σε πολλά εξωηλιακά συστήματα παρατηρούνται πλανήτες γίγαντες (με μάζα της τάξης του Δία) να βρίσκονται πολύ κοντά στο μητρικό τους αστέρι (hot-Jupiters), και ο λόγος των περιόδων περιφοράς τους να είναι σταθερός και ρητός, δηλαδή να βρίσκονται σε συντονισμό μέσης κίνησης. Η επικρατέστερη θεωρία που εξηγεί τις παρατηρήσεις αυτές, είναι αυτή της αλληλεπίδρασης του πλανήτη με τον πρωτοπλανητικό δίσκο σκόνης και αερίου, με αποτέλεσμα την σταδιακή «μετανάστευση» του προς το εσωτερικό και τη πιθανή εμφάνιση συντονισμών (resonance capture) με τους υπόλοιπους πλανήτες. Μελετάμε αριθμητικά την εξέλιξη ενός συστήματος τριών πλανητών, στον οποίο εφαρμόζουμε μια δύναμη τριβής μόνο στον εξωτερικό πλανήτη, η οποία εκφράζει την αλληλεπίδρασή του με τον δίσκο, υποθέτοντας ότι σε μικρές αποστάσεις, όπου βρίσκονται οι δυο εσωτερικοί, ο δίσκος έχει ήδη απορροφηθεί. Πραγματοποιήθη-



Σχήμα 1: Μια ευσταθής περίπτωση τριπλού συντονισμού 1:3:6 η οποία σταθεροποιείται σε μια «τρισδιάστατη» περιοδική κατάσταση. (α) Η εξέλιξη των στοιχείων τη τροχιάς κατά τη μετανάστευση. (β) Η απεικόνιση των τροχιών στην ευσταθή κατάσταση που σταθεροποιείται το σύστημα.

καν αρκετές αριθμητικές προσομοιώσεις αλλάζοντας κάθε φορά τις αρχικές συνθήκες του συστήματος και τις παραμέτρους της δύναμης τριβής που παραπέμπουν σε διαφορετικές φυσικές διεργασίες της μετανάστευσης. Στα αποτελέσματα μας παρατηρήθηκε η εμφάνιση τριπλών συντονισμών (three-planet resonances), όπου το σύστημα σταθεροποιείται σε μια ευσταθή κατάσταση για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Ένα παράδειγμα δίνεται στο Σχ. 1, όπου παρουσιάζεται η χρονική εξέλιξη των μεγάλων ημιαξόνων (α_i), των εκκεντροτήτων (e_i), των σχετικών κλίσεων μεταξύ των τροχιών (Δi) και των λόγων των περιόδων μεταξύ των πλανητών (MM ratio).

– – – – –

Μελέτη συμπεριφοράς της πολυεπίπεδης δικτυακής δομής όταν μεταβάλλουμε τη συνδεσιμότητα μεταξύ των επιπέδων

Φίλιππος Λαζαρίδης
(Επιβλ. Π. Αργυράκης)

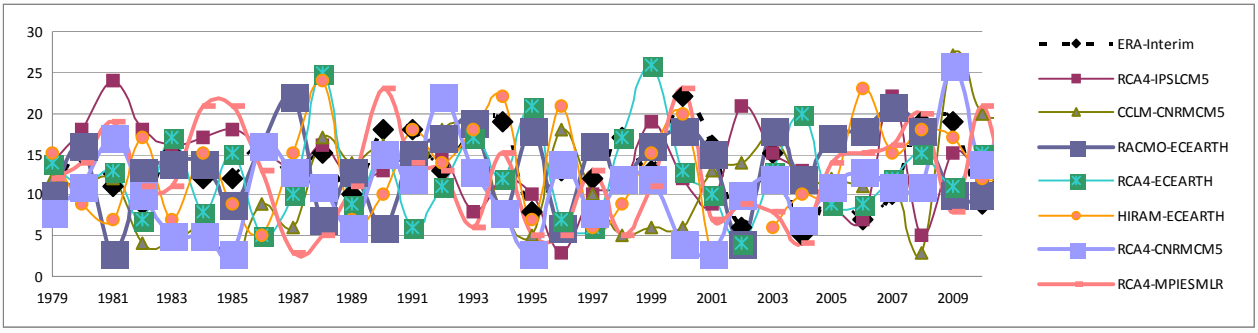
Στα πλαίσια της θεωρίας δικτύων (Network Theory), ένα δίκτυο είναι ένα σύνολο αντικειμένων (κόμβοι) που συνδέονται μεταξύ τους μέσω συνδέσεων. Ο όρος πολύπλοκο δίκτυο χρησιμοποιείται για να περιγράψει τα δίκτυα που δεν έχουν τετριμμένα τοπολογικά χαρακτηριστικά, σε αντίθεση με το πλέγμα ή τον τυχαίο γράφο (random graph). Ο σύγχρονος κόσμος αποτελείται από πολλές δικτυακές δομές μέσω των οποίων μεταφέρονται άνθρωποι, πληροφορίες και αγαθά. Τα προηγούμενα χρόνια μελετήθηκε εκτενώς η συμπεριφορά των απλών δικτύων όσων αφορά την δομή τους αλλά και τις διαφορετικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των κόμβων. Στον πραγματικό κόσμο όμως, οι "σχέσεις" μεταξύ των αντικειμένων που αποτελούν τους κόμβους ενός δικτύου είναι πολυεπίπεδες. Οι ίδιοι κόμβοι μπορεί να ανήκουν σε πολλά διαφορετικά δίκτυα και οποιαδήποτε μεταβολή σε κάποιο από αυτά μπορεί να επηρεάσει δραματικά την συμπεριφορά της συνολικής δομής. Πρόσφατα έχουν γίνει αρκετά βήματα στην μελέτη αυτών των πολυεπίπεδων δομών και στις ιδιότητες τους οι οποίες παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές από τις αντίστοιχες των απλών απομονωμένων δικτύων. Οι πολυεπίπεδες αυτές δομές στην απλούστερη μορφή τους, αποτελούνται από 2 δικτυακά επίπεδα με κοινούς κόμβους οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους (ο καθένας με τον εαυτό του στο άλλο επίπεδο) μέσω ειδικών συνδέσεων ("interlinks"). Η συνδεσιμότητα μεταξύ των επιπέδων καθορίζεται κυρίως από 2 παράγοντες α) από τον αριθμό των συνδέσεων μεταξύ των επιπέδων, β) από το βάρος αυτών των συνδέσεων. Στην παρούσα εργασία μελετάμε το πως επηρεάζει η συνδεσιμότητα την στατική και δυναμική λειτουργία της πολυεπίπεδης δομής. Πραγματοποιούμε διαδικασίες διάχυσης και διάχυσης-αντίδρασης μέσω προσομοιώσεων Monte Carlo σε πολυεπίπεδες δομές και μεταβάλλοντας τις παραμέτρους παρακολουθούμε την σταδιακή συμπεριφορά τους. Παρακολουθούμε επίσης την μεταβολή αρκετών δομικών χαρακτηριστικών του συστήματος.

– – – – –

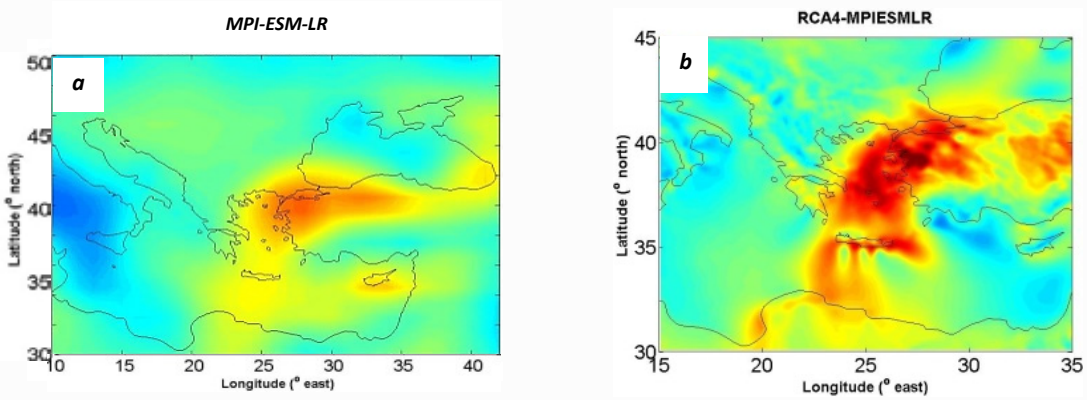
Οι ετησίες άνεμοι κατά τον 21ο αιώνα στο Αιγαίο σύμφωνα με προσομοιώσεις των μοντέλων γήινου συστήματος (ESM) της 5ης φάσης του προγράμματος CMIP5 και του πειράματος περιωχικών μοντέλων υποκλίμακας CORDEX

Ιωάννης Λογοθέτης
(Επιβλ. Κ. Τουρπάλη)

Οι ετησίες άνεμοι είναι άνεμοι του βορείου τομέα που πνέουν στην κατώτερη ατμόσφαιρα στο Αιγαίο πέλαγος κατά το καλοκαίρι και νωρίς το φθινόπωρο. Η σημασία των ανέμων αυτών είναι μεγάλη καθώς σχετίζονται με επεισόδια ρύπανσης και προκαλούν τροποποίηση της αισθητής θερμοκρασίας στην περιοχή της ανατολικής Μεσογείου. Στην παρούσα εργασία η μελέτη εστιάστηκε στο παρελθόν (1950-2005) και σε μελλοντικές εκτιμήσεις για τους ετησίες ανέμους καθώς και πιθανές μεταβολές που θα προκύψουν στο μέλλον με χρήση μοντέλων προσομοίωσης Earth System Model (ESM) από το Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5) και το Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment (CORDEX) με διαφορετικά σενάρια RCPs (Representative Concentration Pathways). Πιο συγκεκριμένα μελετήθηκαν τα σενάρια RCP2.6, RCP4.5 και RCP8.5 της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC). Η ανάλυση εστιάσθηκε στον μήνα Αύγουστο. Το κριτήριο για την επιλογή των ημερών που πνέουν ετησίες άνεμοι βασίζεται στο μέτρο της ταχύτητας και τη διεύθυνση του ανέμου που πνέει στο σημείο {37.5, 25} το οποίο από την ανάλυση που έγινε προέκυψε πως είναι αντιπροσωπευτικό για την πνοή των ανέμων στο Αιγαίο κατά τους μήνες του καλοκαιριού. Για να ελεγχθεί κατά πόσο ρεαλιστικά είναι τα αποτελέσματα που προέκυψαν για την συχνότητα εμφάνισης ημερών που πνέουν ετησίες άνεμοι έγινε αρχικά ανάλυση των προσομοιώσεων της περιόδου 1950-2005 (historical) και σύγκριση των αποτελεσμάτων με τα δεδομένα επανανάλυσης του ERA-Interim. Τέλος μελετήθηκε η εξέλιξη και η μεταβολή των ετησιών ανέμων στο μέλλον με προβλέψεις που βασίζονται σε σενάρια του IPCC για την περίοδο 2006-2100. Σύμφωνα με τα σενάρια RCP2.6 και RCP4.5 δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές. Η μελέτη εστιάζεται στο σενάριο RCP8.5 και η ανάλυση έδειξε ότι τα αποτελέσματα παρουσιάζουν μεταβλητότητα στον αριθμό των συχνοτήτων και της κατανομής ταχυτήτων για τους ετησίες ανέμους μεταξύ των μοντέλων που μελετήθηκαν.



Σχήμα 1: Αριθμός των ημερών που πνέουν ετησίες άνεμοι τον Αύγουστο για προσομοιώσεις του προγράμματος CORDEX και των δεδομένων επανανάλυσης ERA-Intetim



Σχήμα 2. Μέση διαφορά ταχύτητας ανέμου μεταξύ των περιόδων 2070-2100 και 1970-2000 για το μοντέλο MPIESMLR. a) CMIP5 simulation (ensemble member r1i1p1), b)CORDEX simulation (ensemble member r1i1p1)

– – – – –

Ανάλυση για τον προσδιορισμό των επεισοδίων στρατοσφαιρικής εισβολής και της επίδρασης τους στην κατανομή του όζοντος στην περιοχή της ανατολικής Μεσογείου, με τη χρήση δεδομένων του MACC REANALYSIS

Γεωργία Μιχαηλούδη[1], Ζάνης Πρόδρομος[2]
[1] Εργαστήριο Φυσικής της Ατμόσφαιρας, Τμήμα Φυσικής, ΑΠΘ, [2] Τμήμα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας, Τμήμα Γεωλογίας, ΑΠΘ

(Επιβλ. Π. Ζάνης)

Στην παρούσα μελέτη πραγματοποιείται μία ανάλυση για τον προσδιορισμό των επεισοδίων στρατοσφαιρικής εισβολής και της επίδρασής τους στην κατανομή του όζοντος στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου. Η συγκεκριμένη περιοχή επιλέχθηκε καθώς, σύμφωνα με μελέτες, είναι μια από τις περιοχές που παρουσιάζει υψηλότερες συγκεντρώσεις τροποσφαιρικού όζοντος παγκοσμίως. Η ανάλυση βασίστηκε σε δεδομένα του MACC reanalysis (οριζόντια ανάλυση ~80 km) που αφορούσαν παραμέτρους ατμοσφαιρικής σύνθεσης καθώς και μετεωρολογικές παραμέτρους για τους μήνες Ιουλίου-Αυγούστου κατά την χρονική περίοδο 2003-2012. Για την επιλογή των ημερών στρατοσφαιρικής εισβολής τέθηκαν στατιστικά κριτήρια, επιλέγοντας τις μέρες με τις χαμηλότερες μέσες τιμές συγκεντρώσεων σχετικής υγρασίας και ταυτόχρονα τις υψηλότερες μέσες τιμές συγκεντρώσεων όζοντος στην περιοχή του Αιγαίου (γεωγραφικό μήκος από 23.5ºΕ ως 28.5ºΕ και γεωγραφικό πλάτος από 34.5ºΝ μέχρι 40ºΝ). Στη συνέχεια μελετήθηκαν οι συγκεντρώσεις όζοντος (O_3), οξειδίων του αζώτου (NO_x), μονοξειδίου του άνθρακα (CO) καθώς και οι συγκεντρώσεις σχετικής υγρασίας (SH) για οκτώ διαφορετικά επίπεδα πίεσης ξεκινώντας από τα 1000 hPa εώς τα 300 hPa, τόσο για το σύνολο των ημερών της περιόδου μελέτης όσο και για τις συγκεκριμένες ημερομηνίες που πληρούσαν τα κριτήρια. Η παραπάνω ανάλυση έδειξε την παρουσία ενός ελαχίστου των συγκεντρώσεων σχετικής υγρασίας και ενός μεγίστου των συγκεντρώσεων όζοντος κατά τις επιλεγμένες μέρες πάνω από την περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου. Όσον αφορά τις συγκεντρώσεις των NO_x παρόλο που αναμενόταν η μείωση τους κατά τις μέρες επεισοδίων εισροής στρατοσφαιρικού αέρα λόγω της ανθρωπογενούς τους προέλευσης, παρατηρήθηκε αύξηση τους κατά τις συγκεκριμένες μέρες. Μελετώντας τις συνιστώσες του ανέμου στο επίπεδο των 250 hPa, παρατηρήθηκε μια ζωνική ροή από την Ασία προς την Δύση, στην οποία και αποδόθηκαν οι αυξημένες συγκεντρώσεις των NO_x. Οι μουσώνες παίζουν ένα ρόλο κλειδί στην έξοδο των βιομηχανικών εκπομπών της επιφάνειας της Ινδίας καθώς και της Ανατολικής Ασίας. Ο Τροπικός Ανατολικός Αεροχείμμαρος (Tropical Easterly Jet (TEJ)) μεταφέρει αέριες μάζες οι οποίες περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις σε NOx από την Ασία πάνω από την περιοχή της Αφρικής στην ανώτερη τροπόσφαιρα και στη συνέχεια η παρουσία του αντικυκλώνα της Ανατολικής Χερσονήσου συμβάλλει στην μεταφορά αυτών των αέριων μαζών στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου (Scheeren et al., 2003). Έτσι, κατά τις επιλεγμένες μέρες, μέρος της αύξησης των συγκεντρώσεων του όζοντος στην περιοχή μελέτης είναι πιθανόν να οφείλεται και στην ενισχυμένη φωτοχημική παραγωγή του λόγω των αυξημένων συγκεντρώσεων των NO_x.

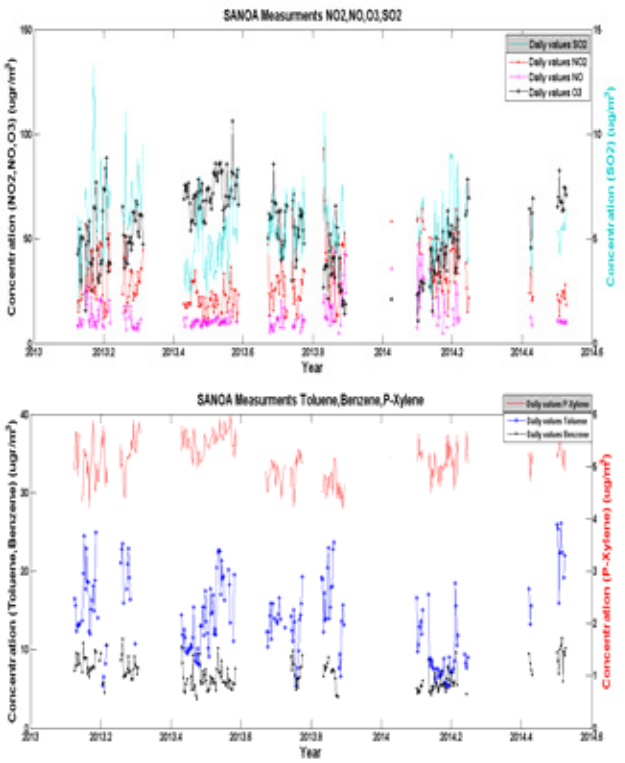
– – – – –

Αξιολόγηση των μετρήσεων του συστήματος διαφορικής απορρόφησης SANOA

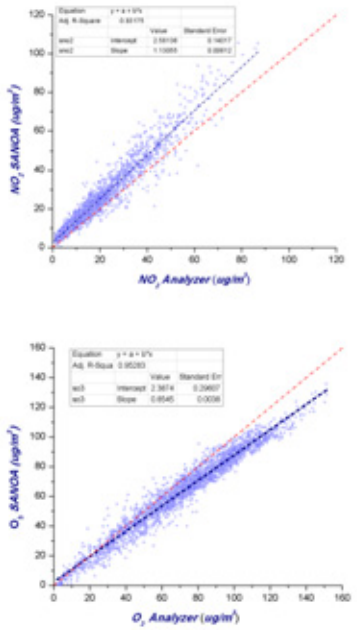
Ρίζος Κωνσταντίνος
(Επιβλ. Χ. Μελέτη)

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται και αναλύονται οι μετρήσεις ενός καινοτόμου συστήματος μέτρησης ατμοσφαιρικών ρύπων το οποίο ονομάζεται SANOA, κατά τη διάρκεια ενάμιση περίπου χρόνου λειτουργίας του. Πρόκειται για ένα σύστημα το οποίο μετράει τοπικά και ταυτόχρονα μία ποικιλία ρυπογόνων ενώσεων (SO_2, NO_2, NO, O_3, NH_3 , HNO_2 ,Benzene, Toluene, Xylene κτλ) και του οποίου η λειτουργία βασίζεται στη μέθοδο της φασματομετρίας οπτικής διαφορικής απορρόφησης (DOAS). Ολόκληρος ο εξοπλισμός ο οποίος αποτελείται από τέσσερα τμήματα (προβολέας, δέκτης, μονάδα ελέγχου, μονάδα διασύνδεσης) είναι εγκατεστημένος στο χώρο του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, στο κέντρο της πόλης. Τα διαθέσιμα δεδομένα μας καλύπτουν το χρονικό διάστημα από τον Ιανουάριο του 2013, μέχρι τον Αύγουστο του 2014. Παρακάτω στο Σχ. 1 παρουσιάζεται κατόπιν επεξεργασίας, η διακύμανση των ημερήσιων επιπέδων των ατμοσφαιρικών ρύπων στη διάρκεια αυτής της περιόδου.

Επίσης, έγινε και μελέτη της ημερήσιας διακύμανσης ορισμένων από τους μετρούμενους ρύπους την περίοδο κάποιων μηνών. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων του μονοξειδίου του αζώτου (NO), του διοξειδίου του αζώτου (NO_2),



Σχήμα 1: Ημερήσιες συγκεντρώσεις του διοξειδίου του αζώτου (NO_2), μονοξειδίου του αζώτου (NO), όζοντος (O_3) (πάνω), Τολουολίου, Βενζολίου και Π – ξυλολίου (κάτω).



Σχήμα 2: Σύγκριση μετρήσεων SANOA – ΑΝΑΛΥΤΗ για το διοξείδιο του αζώτου NO_2 και το όζον O_3

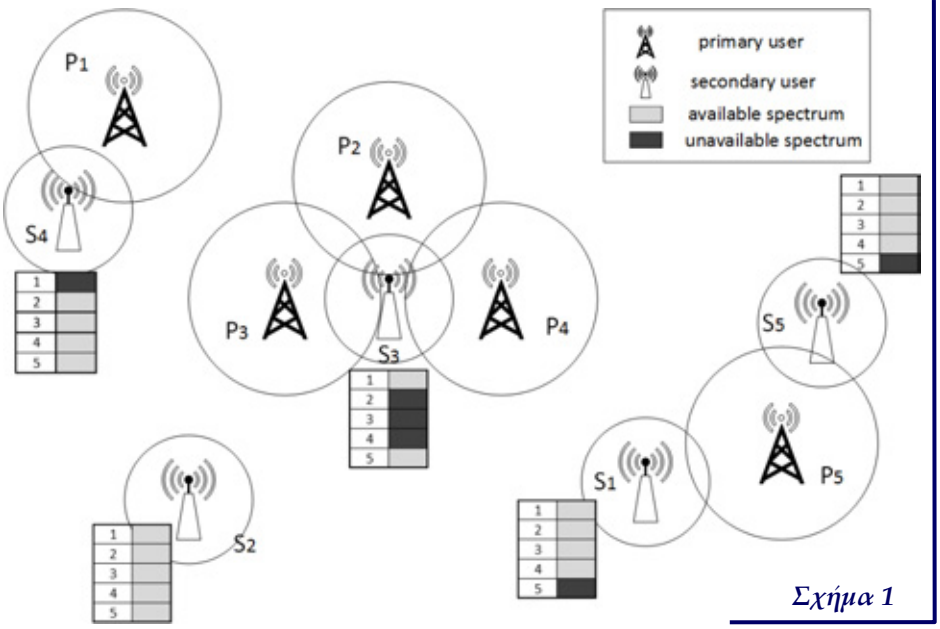
και του όζοντος (O_3), έρχονται σε συμφωνία με άλλες παρόμοιες μελέτες που έχουν γίνει στην πόλη της Θεσσαλονίκης. Από την άλλη μεριά, οι μετρήσεις του τολουολίου, του βενζολίου και του π – ξυλολίου παρουσιάζουν αρκετά υψηλό θόρυβο με αποτέλεσμα να μην μπορούμε να εξάγουμε σαφές συμπέρασμα για την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων μας. Τέλος, για τα οξείδια του αζώτου στο σύνολό τους, για το μονοξείδιο του αζώτου (NO), για το διοξείδιο του αζώτου (NO_2) και για το όζον (O_3) πραγματοποιήθηκε επιπρόσθετα μία στατιστική επεξεργασία συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των μετρήσεών τους από το SANOA με αυτά κάποιων αναλυτών της περιφέρειας οι οποίοι βρίσκονται και αυτοί εγκατεστημένοι στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης και συγκεκριμένα στην ταράτσα της Σχολής Θετικών Επιστημών. Τα αποτελέσματα της σύγκρισης για το διοξείδιο του αζώτου (NO_2), και για το όζον (O_3) φαίνονται στο παρακάτω (Σχ. 2). Αυτό που παρατηρήσαμε από τη σύγκριση αυτή είναι πως τα αποτελέσματα των μετρήσεων των δύο οργάνων είναι στενά συνδεδεμένα και παρουσιάζουν παρόμοιες μεταβολές.

Διαχείριση φάσματος με χρήση εξελικτικών αλγορίθμων

Θωμάς Τέγου
(Επιβλ. Σ. Γούδος)

Η δυναμική διαχείριση του φάσματος είναι περισσότερο αναγκαία τα τελευταία χρόνια λόγω της αυξημένης ζήτησης ελεύθερων συχνοτήτων. Η διαχείριση φάσματος σε Cognitive Radio δίκτυα αναφέρεται στον βέλτιστο διαμοιρασμό των καναλιών που χρησιμοποιούνται από τους κύριους χρήστες στους δευτερεύοντες χρήστες μιας τοπολογίας, χωρίς να προκαλούνται παρεμβολές. Στο Σχ. 1 φαίνεται ένα παράδειγμα μιας τυχαίας τοπολογίας χρηστών και τα διαθέσιμα κανάλια για κάθε δευτερεύοντα χρήστη.

Ο διαμοιρασμός γίνεται βάσει τριών συναρτήσεων κόστους: την Max Sum Reward (MSR), που αυξάνει την συνολική ανταμοιβή των δευτερευόντων χρηστών, την Max Min Reward (MMR) που συμπεριλαμβάνει την έννοια της δικαιοσύνης στον καταμερισμό των καναλιών μεταξύ των δευτερευόντων χρηστών και τέλος την Max Proportional Fair Reward (MPF). Οι συναρτήσεις κόστους ποσοτικοποιούν την ανταμοιβή των δευτερευόντων χρηστών και στόχος είναι η μεγιστοποίηση τους, αυτό επιτυγχάνεται με τους αλγορίθμους βελτιστοποίησης: BBO (Biogeography Based Optimization), GA (Genetic Algorithm) και ACO (Ant Colony Optimization). Οι εξελικτικοί αυτοί αλγόριθμοι συγκρίνονται μεταξύ τους, και ο BBO τελικά εμφανίζει καλύτερα αποτελέσματα και για τις τρεις συναρτήσεις κόστους. Η βασική ιδέα στην οποία βασίζεται ο BBO είναι εμπνευσμένη από την φύση και είναι η μετανάστευση των ειδών. Βιότοποι με μικρό αριθμό ει-



Σχήμα 1

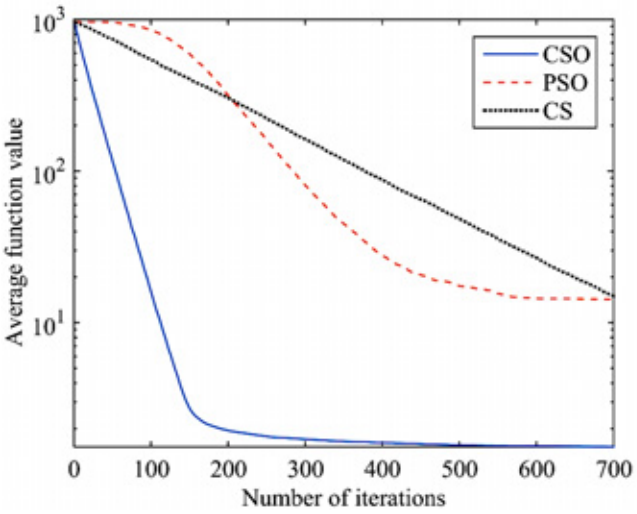
δών έχουν μεγάλο ρυθμό μετανάστευσης (λ) προς αυτούς και βιότοποι με μεγάλο αριθμό ειδών έχουν μεγάλο ρυθμό μετανάστευσης (μ) από αυτούς. Κατ' αναλογία οι βέλτιστες λύσεις αντιστοιχούν σε βιότοπους με μεγάλο αριθμό ειδών και οι χειρότερες λύσεις σε βιοτόπους με μικρό αριθμό ειδών. Οι βέλτιστες λύσεις τείνουν να διαμοιράζουν τα χαρακτηριστικά τους σε χειρότερες λύσεις ώστε μέσα από ένα σύνολο επαναλήψεων να καταλήξουμε σε μία όσο το δυνατόν μεγαλύτερη βελτιστοποίηση.

– – – – –

Βέλτιστη κατανομή ισχύος σε ασύρματο δίκτυο αισθητήρων χρησιμοποιώντας ανερχόμενους αλγορίθμους εμπνευσμένους από τη φύση

Αντώνιος Τσιφλικιώτης
(Επιβλ. Σ. Γούδος)

Ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων είναι ένα δίκτυο αποτελούμενο από έναν αριθμό αισθητήριων κόμβων (συνήθως μερικές δεκάδες μέχρι εκατοντάδες), οι οποίοι συνεργαζόμενοι παρακολουθούν μια περιοχή με σκοπό την άντληση δεδομένων από το περιβάλλον. Στη δομή της αποκεντρωμένης ανίχνευσης, κάθε κόμβος-αισθητήρας στέλνει στον κεντρικό κόμβο, μια σύντομη εκδοχή των δικών του παρατηρήσεων, μετά από κάποια προκαταρκτική επεξεργασία, και στη συνέχεια ο κεντρικός κόμβος επιλέγει βάσει ενός κριτηρίου μια από μερικές υποθέσεις για να ληφθεί η τελική απόφαση. Σε αυτή την εργασία, εξετάζουμε ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων, αποτελούμενο από L χωρικά κατανεμημένους αισθητήρες, που υπόκεινται σε προσθετικό Γκαουσιανό θόρυβο μηδενικού μέσου όρου, όπου ο κεντρικός κόμβος αντιμετωπίζει ένα πρόβλημα δυαδικού ελέγχου υπόθεσης (παρουσία ή απουσία σήματος). Το σήμα προς ανίχνευση είναι ένα σταθερό σήμα m, ίδιο για όλους τους αισθητήρες και αποστέλλεται στον κεντρικό κόμβο μέσω ενός καναλιού διαλείψεων. Καθώς η κατανάλωση ισχύος είναι βασικό χαρακτηριστικό ενός ασύρματου δικτύου αισθητήρων, ο στόχος είναι να ελαχιστοποιήσουμε την συνολική κατανάλωση ισχύος των κόμβων, αναφορικά με ένα επιθυμητό κριτήριο απόδοσης, που εδώ προσδιορίζεται ως η πιθανότητα σφάλματος κατά την ανίχνευση στον κεντρικό κόμβο. Όταν ο θόρυβος σε κάθε μία από τις τοπικές παρατηρήσεις των κόμβων δεν είναι ανεξάρτητος και ταυτόνομα κατανεμημένος (παρουσιάζει συσχέτιση), που είναι συνήθης περίπτωση σε πρακτικά συστήματα αισθητήρων, το παραπάνω πρόβλημα δεν μπορεί να λυθεί αναλυτικά. Επιλέγουμε λοιπόν να λύσουμε το πρόβλημα χρησιμοποιώντας δύο νέους ανερχόμενους αλγόριθμους βελτιστοποίησης εμπνευσμένους από τη συμπεριφορά της φύσης, όπως ο Cat Swarm Optimization (CSO) και ο Cuckoo Search (CS) για διαφορετικές παραμετροποιήσεις του δικτύου αισθητήρων. Τα αποτελέσματα συγκρίνονται επίσης με το δημοφιλή αλγόριθμο PSO. Οι κύριες παράμετροι του προβλήματος είναι ο αριθμός των αισθητήρων L, ο τοπικός λόγος σήματος-προς-θόρυβο γ, η επιθυμητή τιμή της πιθανότητας σφάλματος ε, και η παράμετρος ρ, που ποσοτικοποιεί τη συσχέτιση του θορύβου στις τοπικές παρατηρήσεις. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι ο PSO αλγόριθμος αποδίδει ελαφρώς καλύτερα όταν το δίκτυο αποτελείται από μικρό αριθμό αισθητήρων (L=10), αλλά ο CSO αλγόριθμος υπερτερεί καθαρά έναντι των άλλων αλγορίθμων όταν ο αριθμός των αισθητήρων αυξάνεται. Επίσης, ο CSO αλγόριθμος συγκλίνει πολύ γρηγορότερα στην λύση σε όλες τις εξεταζόμενες περιπτώσεις. Στο Σχ. 1 φαίνεται ένα ενδεικτικό παράδειγμα της σύγκρισης των αλγορίθμων όταν το δίκτυο αποτελείται από 40 αισθητήρες, γ=10dB, ε=0.005 και ρ=0.1.



Σχήμα 1: Ρυθμός σύγκλισης όταν L=40, γ=10dB, ρ=0.1, ε=0.005

Επιλογή κεραίας για συστήματα MIMO με τη βοήθεια εξελικτικών αλγορίθμων

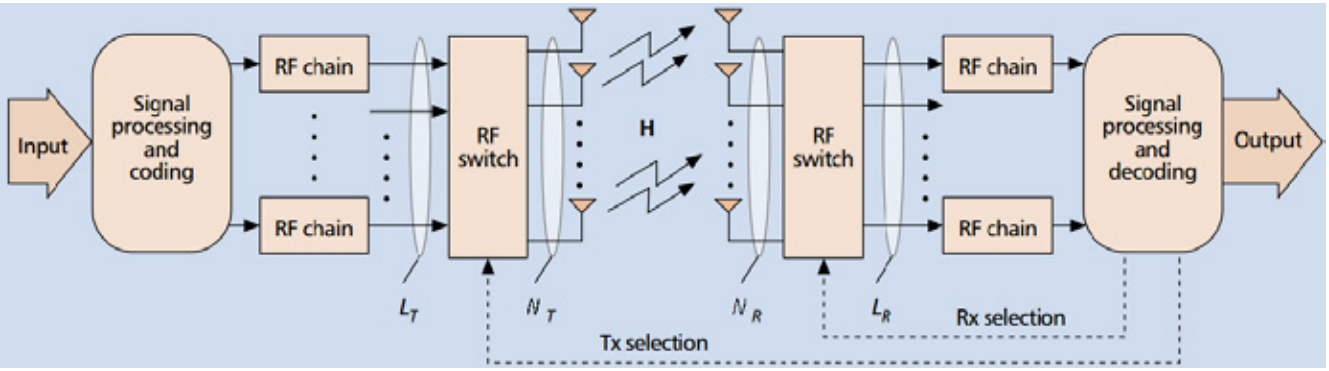
Κων/νος Φουντουκίδης
(Επιβλ. Σ. Γούδος)

Τα κύρια χαρακτηριστικά των τηλεπικοινωνιακών συστημάτων της τέταρτης γενιάς (4G) είναι ο υψηλός ρυθμός μετάδοσης δεδομένων και η ταυτόχρονη εξυπηρέτηση πολλών χρηστών. Τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά μπορούν να επιτευχθούν με τη χρήση των συστημάτων MIMO, που χρησιμοποιούν πολλαπλές κεραίες στο σταθμό βάσης αλλά και στο σταθμό εκπομπής. Παρόλα αυτά, τα συστήματα MIMO έχουν ένα βασικό μειονέκτημα που εντοπίζεται στον υψηλό βαθμό πολυπλοκότητάς τους, λόγω του αυξημένου αριθμού κεραιών από τον οποίο αποτελούνται. Το παραπάνω μειονέκτημα οδηγεί, αναπόφευκτα, και στην αύξηση του κόστους που δαπανείται για την κατασκευή τους.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, στη δεδομένη εργασία, εφαρμόζεται η εναλλακτική λύση που προσφέρει η μέθοδος επιλογής κεραίας (AS – Σχ. 1). Η μέθοδος αυτή αποτελεί μια λύση χαμηλής πολυπλοκότητας και κόστους, έτσι ώστε να μπορούν να διατηρηθούν πολλά από τα πλεονεκτήματα των συστημάτων MIMO, έχοντας ένα μικρό αντίτιμο, όσον αφορά την απόδοσή τους. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, επιλέγεται ένα υποσύνολο κεραιών από τις συνολικά διαθέσιμες του βρίσκονται στον πομποδέκτη. Το κριτήριο, που εφαρμόζεται για την επιλογή των κεραιών, είναι αυτό της μεγιστοποίησης της χωρητικότητας του καναλιού μετάδοσης.

Το υπό εξέταση περιβάλλον στην περίπτωση μας είναι το αστικό, και η ανάλυση η οποία πραγματοποιήθηκε αναφέρεται κυρίως σε ασύρματα τοπικά δίκτυα (WLANs). Το υπό εξέταση σύστημα MIMO, αποτελείται από 16 κεραίες στον πομπό και 16 κεραίες στο δέκτη (16 x 16). Για να επιλέξουμε, το κατά δυνατόν, βέλτιστο υποσύνολο κεραιών, έγινε χρήση διαφόρων εξελικτικών αλγορίθμων (EAs), οι οποίοι είχαν ως συνάρτηση κόστους τη χωρητικότητα του καναλιού μετάδοσης. Από τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων που πραγματοποιήθηκαν, γίνεται αντιληπτό ότι, ο Βιογεωγραφικός Αλγόριθμος Βελτιστοποίησης (BBO) παρουσιάζει τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα, όσον αφορά την απόδοση του συστήματος MIMO με κριτήριο τη χωρητικότητα, επιλέγοντας το αποδοτικότερο υποσύνολο κεραιών.

Το παραπάνω συμπέρασμα, αποκτάει ιδιαίτερη βαρύτητα αν αναλογιστεί κανείς τη διευκόλυνση που μπορεί να παρέχει ο αλγόριθμος BBO, λόγω της ταχύτητας που παρουσιάζει στην παραγωγή αποτελέσματος, συγκριτικά με την αναλυτική μέθοδο επιλογής κεραίας, η οποία είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα. Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να γίνει ακόμη πιο ουσιώδες στα μελλοντικά συστήματα πέμπτης γενιάς (5G), όπου θα πρέπει να εντοπίζεται το βέλτιστο υποσύνολο κεραιών ανάμεσα στις εκατοντάδες κεραίες του πομποδέκτη.



Σχήμα 1: Επιλογή κεραίας σε συστήματα MIMO χωρικής πολύπλεξης σήματος.

1975—2015: 40 χρόνια Φυσική – 40 χρόνια Φυσικοί

Συνάντηση για τα 40 χρόνια από την εισαγωγή στο Τμήμα

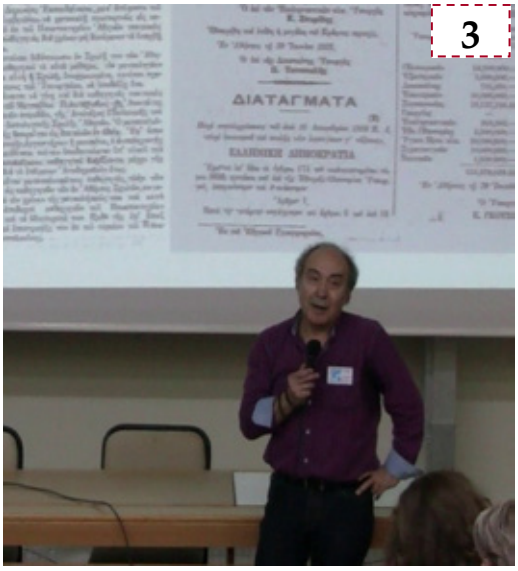
Ποτέ δε πίστευα ότι μια απλή κουβεντούλα μεταξύ παλιόφιλων θα ήταν η σπίθα που θα άναβε τη μεγάλη φωτιά της επιθυμίας για επανασύνδεση. Συμπληρώναμε 40 χρόνια από το 1975 που πρωτομπήκαμε στο τμήμα Φυσικής του ΑΠΘ. Μισή ζωή στη καλύτερη των περιπτώσεων! Και μπήκε το ζιζάνιο μέσα μας! Να ξαναμαζευτούμε. Πολλοί – λίγοι, δεν είχε καμία σημασία. Το θέλαμε. Και το καταφέραμε. Ένας χρόνος ψάξιμο στα σχεδόν ανύπαρκτα αρχεία του τμήματος, άπειρα τηλεφωνήματα και μηνύματα, και να 'μαστε! Σάββατο 28 Νοεμβρίου 2015, στο φουαγιέ του κεντρικού αμφιθεάτρου, περίπου 140 πρώην συμφοιτητές και νυν Φυσικοί, έδωσαν το παρόν. Πήραν τα καρτελάκια τους (στο πέτο, προς αναγνώριση!), "ξαναπροσκύνησαν" στο μεγάλο αμφιθέατρο με τις πολλές αναμνήσεις, φωτογραφήθηκαν, αγκαλιάστηκαν… (Εικ. 1). Αλλά δεν ήταν μόνο αυτοί. Πόσοι παλιοί αγαπητοί καθηγητές μας, τίμησαν τη συνάντηση με τη παρουσία τους! Η κ^{α} Ε. Παπαδημητράκη-Χλίχλια, ο κ^{ος} Π. Ρεντζεπέρης, ο κ^{ος} Γ. Μπόζης, ο κ^{ος} Ν. Σπύρου, ο κ^{ος} Θ. Καρακώστας, ο κ^{ος} Ι. Στοϊμένος, ο κ^{ος} Χ. Βάρβογλης, ο κ^{ος} Γ. Βουτσάς. Και η γιορτή ξεκίνησε.

Όλοι στην A_{31}. (Εικ. 2). Η αίθουσα γεμίζει σιγά-σιγά. Όλοι θέλουν να συνεχίσουν τη κουβέντα τους με όλους! Προσπαθούν (με διακριτικότητα είναι αλήθεια) να διαβάσουν πρώτα τα ονόματα στη καρτελίτσα, μη γίνει κανένα λάθος. Μα, άτιμη πρεσβυωπία! Άλλοτε επιτυχημένη η προσπάθεια, άλλοτε αποτυχημένη. Όμως πρέπει να ξεκινήσουμε. Θα 'χουμε χρόνο για συζήτηση αργότερα, στο γεύμα. Και έτσι, ανάβει ο υπολογιστής, ο προτζέκτορας, οι κάμερες. Η εκδήλωση αρχίζει.

1

Και ξεκινά με μια εισήγηση από το Γιάννη Στούμπουλο (Εικ. 3) για την ιστορία του τμήματος, με φωτογραφίες από τα ιδρυτικά ΦΕΚ (154/ΙΟΥΝ 1925, υπογράφει Π. Κουντουριώτης) που ιδρύει το Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης με σχολές: Θεολογική, Φιλοσοφική, Νομικών και Οικονομικών Επιστημών, Φυσικών και Μαθηματικών Επιστημών, Ιατρική (Εικ. 4). Συνέχεια φωτογραφικού υλικού με εικόνες από τη σχολή, τα βιβλία που χρησιμοποιούσαμε, από τα εργαστήρια, τις ορκωμοσίες και τις εκδρομές με έμφαση στη μεγάλη (3 εβδομάδων) των τελειοφοίτων. Με αναφορές σε όμορφες φοιτητικές στιγμές και στιγμιότυπα της ζωής μας. Και συνέχισε ο Τάσος Μολοχίδης καθώς και άλλοι συνάδελφοι με φωτογραφικά κυρίως ενθυμήματα. Όμως η συ-

2



γκίνηση χτύπησε κόκκινο, όταν εκλήθησαν οι καθηγητές μας να πουν δύο λόγια για εκείνα τα χρόνια. Δύσκολο να συνοψίσει κανείς, όλα τα όμορφα που ελέχθησαν. Ας κάνω μια προσπάθεια! Η σειρά είναι όπως εμφανίσθηκαν στο πάνελ!

- **Ε. Παπαδημητράκη –Χλίχλια:** Με μεγάλη χαρά, η «κυρία» του τμήματος Φυσικής ξεκίνησε να μιλά για τις εμπειρίες της από την επαφή με τη τάξη του ’75. Έδωσε συγχαρητήρια για την ιδέα της εκδήλωσης και την υλοποίησή της. Εστίασε στις ευχάριστες εντυπώσεις από τη μεγάλη εκδρομή ως συνοδός στην ‘‘άκατο 3’’. Για την όμορφη ατμόσφαιρα μέσα στο πούλμαν και ιδίως στη γαλαρία, στους ραδιοφωνικούς σταθμούς που λειτουργούσαν, (Ράδιο Μπεζιργιαννίδης και Ράδιο Ναταλί με εκφωνήτρια τη δεκάχρονη κόρη της), για το πόσο διαφορετικά έζησε τους φοιτητές της. Και τέλος μας θύμισε μέσα σε έντονη συγκίνηση, αυτούς που έλειπαν, με πρώτο το Ν. Οικονόμου, τον Ι. Χατζηδημητρίου, το Μ. Γρυπαίο κ.λ.π.

- **Γ. Μπόζης:** Συγκινημένος, λαλίστατος με άφθονο χιούμορ! Αξίζει να αναφέρω μερικές από τις ατάκες του (όσο μπορώ να τις μεταφέρω!): «Συμμερίζομαι τι χαρά σας, αλλά ας αρχίσουμε το μάθημα! Ε εις τη πι γιωτ συν ένα ίσον μηδέν!», «Κάποιος είπε: Με ευγνωμοσύνη και αγανάκτηση αναθυμάμαι τους δασκάλους μας» , «Μόρφωση είναι αυτό που μας μένει όταν ξεχνάμε αυτά που μάθαμε και αυτά που μας μάθαν»! και έκλεισε λέγοντας: «Σας ζηλεύω που είστε Φυσικοί!» Και στην παρατήρηση ότι είπε για το τμήμα Φυσικής ότι ήταν καλό, αναφέρθηκε στις μεγάλες δυσκολίες και απαιτήσεις που υπήρχαν τότε από τους φοιτητές, ενώ σήμερα είναι εμφανώς μικρότερες και στο επίπεδο των θεμάτων που ήταν πάρα πολλές.

- **Ι. Στοϊμένος:** Εξομολογήθηκε ότι η σειρά μας έγινε η αιτία να βασανιστεί αφάνταστα γιατί για πρώτη φορά δίδαξε το μάθημα της Στερεάς κατάστασης! (Σημ. συντ. *Έτσι εξηγείται η δυσκολία των θεμάτων και οι απαιτήσεις του*). Εξήγησε τη σημαντική πρωτοβουλία του, να αναρτά πάντοτε στο πίνακα ανακοινώσεων τα θέματα με τις λύσεις τους. Η ανάθεση και η οργάνωση αυτού του μαθήματος ήταν το μαρτύριό του, αλλά παρόλα αυτά αισθάνεται ότι «μας χρωστά χάρη!».

- **Ν. Σπύρου:** Αναφέρθηκε σε αντίστοιχες δικές του εμπειρίες, (αναφέρθηκε στην αντίστοιχη εκδήλωση της δικής του γενιάς 1962-63) που κάποτε χαιρέτιζε τους δικούς του καθηγητές, και τώρα βρίσκεται στη δική τους θέση. Παρακάλεσε να συνεχιστούν αυτές οι πρωτοβουλίες μνήμης. Τόνισε ότι μόνο θετικές εντυπώσεις έχει από το τμήμα και τη γενιά μας, και ευχήθηκε να ξαναβρεθούμε με υγεία μετά 5 – 10 χρόνια.

- **Θ. Καρακώστας:** Ξεκίνησε με μια αναφορά στο μετασχηματισμό φάσης και την αλλαγή των ιδιοτήτων, της μορφής και της δομής των υλικών με νέες ιδιότητες, μόνο που η νέα κατάσταση δε θυμάται την παλιά. Το αντίθετο γίνεται με

τους ανθρώπους. Μας προκάλεσε να σκεφτούμε το μετασχηματισμό φάσης των ανθρώπων. Πόσο έχει επηρεάσει τη πορεία μας, η είσοδος στο τμήμα Φυσικής, και ποια θα ήταν αν δε βρισκόμασταν εκεί το 1975. Αναφέρθηκε στο Πανεπιστήμιο, ως μητέρα-τροφό της σκέψης. Παραλλήλισε αυτή τη κατάσταση με τη σημερινή στο τμήμα. Κατέληξε τονίζοντας τη σημαντική παρουσία της τάξης του '75 στο σημερινό γίγνεσθαι, στο χώρο του τμήματος που υπάρχει εντονότατη παρουσία και στην εκπαίδευση γενικότερα.

- **Γ. Βουτσάς:** Εκφραστικός και γλαφυρός με εξαιρετική σκηνική παρουσία. Μας θύμισε ότι ήταν η 2η σειρά που εκπαίδευσε, αλλά στο σύνολο της Πανεπιστημιακής του πορείας, η τάξη του '75 ήταν η καλύτερη εκπαιδευτική σειρά. Αναφέρθηκε στο πόσο τον τρέφει η επαφή με το Πανεπιστήμιο, η διδασκαλία (παρότι συνταξιούχος) και τους νέους ανθρώπους και αυτή η επαφή του δίνει κουράγιο και δύναμη.

- **Χ. Βάρβογλης:** Με σεμνότητα ανέφερε ότι αποτελούσαμε τη τελευταία φουρνιά που δίδαξε με ασκήσεις και προβλήματα Αστρονομίας πριν φύγει για μεταπτυχιακές σπουδές στην Αμερική. Μετά την επιστροφή του τα βρήκε όλα αλλαγμένα, και άρχισε να διδάσκει πλήρη μαθήματα. Άρα η τάξη του '75 αποτελούσε, κατά κάποιο τρόπο, ορόσημο και για τον ίδιο. Και στάθηκε στο ενδιαφέρον που υπάρχει στο γεγονός να παρακολουθεί κανείς την εξέλιξη αγαπητών μαθητών και φίλων. Τέλος, ευχήθηκε να ξαναβρεθούμε πολλές φορές ξανά μαζί όπως σήμερα.

- **Π. Ρεντζεπέρης:** Ήρθε τελευταίος, ήρθε κουρασμένος και καταπονημένος, αλλά ήρθε! Δείγμα της μεγάλης του επιθυμίας να βρεθεί και αυτός και να μοιραστεί τις αναμνήσεις του με τη τάξη του '75. Μίλησε για τη χαρά του που βλέπει τόσους πολλούς Φυσικούς να έχουν επιζήσει τη τελευταία τετραετία του μαρτυρίου της Ελλάδας, καθώς και για τη συγκίνησή του να βλέπει ότι Φυσικοί έχουν εισχωρήσει και στο Θρησκευτικό χώρο. Έδωσε τις δικές του ευχές προς όλους, και μας προέτρεψε όπου και να βρισκόμαστε να μη ξεχνούμε και να διδάσκουμε όλα τα όμορφα που μάθαμε στη Φυσική.

Στο τελευταίο μέρος της εκδήλωσης, έγινε μια προσπάθεια, να μιλήσει ο κάθε συνάδελφος για λίγα δευτερόλεπτα στο μικρόφωνο, για να έχουμε όλοι καταγραμμένη την εικόνα του ποιος είναι ποιος. Δυστυχώς, γρήγορα ναυάγησε η ιδέα, καθώς πολλοί είχαν πολλά να πουν και δε θα μας έφτανε όλο το Σαββατοκύριακο. Έτσι δόθηκε το σύνθημα και ξεκίνησε η πορεία προς τη Πανεπιστημιακή Φοιτητική Λέσχη. Στον πάνω όροφό της, σε διάσπαρτα τραπεζάκια, με θέα τη πόλη, ήταν τα τραπεζάκια που θα μας φιλοξενούσαν για αρκετές ώρες και τα ζεστά φαγητά, με τα ποτά και τα γλυκά που θα μας «στύλωναν» λιγάκι για να συνεχίσουμε για πολλές ακόμα ώρες το όμορφο αντάμωμά μας. Πάλι κουβεντούλες, όλοι με όλους, φωτογραφίες, βίντεο. (Εικ. 5).

Τις πρώτες πρωινές ώρες, και με γνήσια χαρμολύπη έκλεισε και το τελευταίο μέρος της εκδήλωσης. Χαρά για όσα ζήσαμε, για όσους είδαμε, για ό,τι θυμηθήκαμε! Λύπη που τελείωσε κάτι που όλοι περιμέναμε, κάτι όμορφο που τελείωσε. Για το λόγο αυτό δώσαμε την υπόσχεση, ότι πρώτα ο Θεός θα ξαναοργανώσουμε εκδήλωση των 50χρονων της γενιάς του '75, το 2025, ενώ θα προσπαθήσουμε για ένα ενδιάμεσο κάλεσμα, όσων μπορούν, το 2020, με άλλη μορφή (συνεστίασης, εκδρομής, κλπ). Γεροί να είμαστε.

Κλείνοντας, ζήσαμε πολύ όμορφες στιγμές. Είδαμε αγαπημένα πρόσωπα. Ξαναγίναμε φοιτητούδια. Έστω και για λίγο. Και πραγματικά, ευχή όλων μας είναι αυτή η μορφή συναντήσεων να βρει μιμητές και συνεχιστές και για τις επόμενες τάξεις και γενιές.

5

Γιάννης Στούμπουλος, γενιά του '75.

Συνέβησαν στο Τμήμα

Ορκωμοσία διδακτόρων

Στις 29/2/2016 ορκίστηκαν οι νέοι διδάκτορες του Τμήματος Φυσικής.

Γεωργία Αλεξανδρή (*επιβλ. Χ. Μελέτη*)
"Study of surface solar radiation with the use of satellite and ground-based observations and climate model simulations."

Ελένη Βαγενά (*επιβλ. Σ. Στούλος*)
"Study of the ionizing radiation field around accelerators"

Παρασκευάς Γιαζιτζίδης (*επιβλ. Π. Αργυράκης*)
"Statistical dynamics of diffusion in complex and disordered systems."

Ναταλία Λιώρα (*επιβλ. Δ. Μελάς*)
"Study of the contribution of anthropogenic and natural emissions to atmospheric pollution levels."

Ορκωμοσίες πτυχιούχων

Την Τρίτη 24/11/2015 πραγματοποιήθηκε στην Αίθουσα Τελετών του Α.Π.Θ. ορκωμοσία νέων πτυχιούχων του Τμήματος Φυσικής.

ΟΙ ΝΕΟΙ ΠΤΥΧΙΟΥΧΟΙ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΑΘΑΝΑΣΙΑΔΟΥ	ΣΟΦΙΑ	ΒΟΥΤΕΤΑΚΗ	ΜΑΡΙΑ ΧΡΙΣΤΙΝΑ
ΑΝΔΡΟΥΛΑΚΗΣ	ΙΩΑΝΝΗΣ	ΓΕΡΑΦΕΝΤΗΣ	ΙΩΑΝΝΗΣ
ΒΑΒΑΛΟΣ	ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ	ΓΕΩΡΓΟΠΟΥΛΟΣ	ΒΑΙΟΣ
ΒΑΣΣΟΣ	ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ	ΓΛΙΑΣ	ΧΡΙΣΤΟΦΟΡΟΣ ΑΡΓΥΡΙΟΣ
ΒΕΖΥΡΤΖΗΣ	ΘΕΟΔΩΡΟΣ	ΔΑΛΑΜΑΓΚΑ	ΕΥΜΟΡΦΙΑ
ΒΕΛΩΝΗΣ	ΜΑΡΙΟΣ	ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΥ	ΟΛΓΑ-ΛΙΑ
ΒΕΝΕΤΙΚΙΔΟΥ	ΜΑΡΙΑ	ΔΗΜΟΥ	ΣΟΥΣΑΝΝΑ
ΒΟΡΔΟΣ	ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ		

ΔΡΑΧΑΛΙΒΑ	ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ
ΖΑΦΕΙΡΑΣ	ΣΤΑΥΡΟΣ
ΖΑΧΟΣ	ΝΙΚΟΛΑΟΣ
ΘΕΟΔΩΡΙΔΟΥ	ΕΛΕΝΗ
ΚΑΛΛΙΜΑΝΗΣ	ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΚΑΛΤΕΚΗΣ	ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ
ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗΣ	ΣΥΜΕΩΝ
ΚΑΡΑΓΚΙΟΖΙΔΗΣ	ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΚΑΡΔΟΥΛΑΜΑ	ΔΕΣΠΟΙΝΑ
ΚΟΥΤΣΙΑΚΗ	ΧΡΙΣΤΙΝΑ
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ	ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ
ΛΟΥΠΑΣ	ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΜΑΓΚΟΣ	ΣΩΤΗΡΙΟΣ
ΜΑΚΡΙΔΟΥ	ΜΑΡΙΑ
ΜΑΝΙΑΤΗΣ	ΙΩΑΝΝΗΣ
ΜΑΝΟΥΣΑΡΙΔΗΣ	ΣΤΕΦΑΝΟΣ
ΜΑΥΡΟΣ	ΣΤΕΦΑΝΟΣ
ΜΑΧΤΗΣ	ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΜΙΣΕΡΛΗ	ΜΑΡΙΑ
ΜΙΧΑΗΛΙΔΗΣ	ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
ΜΙΧΑΗΛΙΔΟΥ	ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ

ΜΠΑΝΤΕΡΜΑ	ΣΤΑΜΑΤΙΑ ΑΓΛΑΪΑ
ΜΠΙΝΙΟΣ	ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
ΝΙΚΟΛΗΣ	ΚΛΕΙΣΘΕΝΗΣ
ΧΑΤΖΗΚΥΡΚΟΣ	ΝΙΚΟΛΑΟΣ
ΝΤΑΡΑΜΠΕΚΗΣ	ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΠΑΝΤΕΛΙΔΟΥ	ΜΑΡΙΑ
ΠΑΠΑΖΟΓΛΟΥ	ΔΕΣΠΟΙΝΑ
ΠΑΠΑΡΗ	ΖΩΗ
ΠΑΡΑΣΧΟΣ	ΜΙΧΑΗΛ
ΠΑΣΑΔΑΚΗΣ	ΔΗΜΟΣΘΕΝΗΣ
ΠΛΩΜΑΡΙΤΗ	ΧΡΙΣΤΙΝΑ
ΡΟΥΦΟΣ	ΝΙΚΟΛΑΟΣ
ΣΑΤΚΑΣ	ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΤΑΝΙΔΗΣ	ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
ΤΕΚΝΕΤΖΗ	ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ
ΤΖΙΤΖΙΡΑ	ΒΑΣΙΛΙΚΗ
ΤΣΑΜΟΣ	ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΤΣΑΡΟΥΧΑΣ	ΙΩΑΝΝΗΣ
ΤΣΙΑΚΑΣ	ΙΩΑΝΝΗΣ
ΤΣΙΜΠΕΡΗΣ	ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΤΣΙΟΥΜΙΤΑΣ	ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
ΧΑΤΖΗΑΓΓΕΛΟΓΛΟΥ	ΑΓΓΕΛΟΣ
ΧΑΤΖΙΚΟΣ	ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

Την Τρίτη 29/3/2016 και Τετάρτη 30/3/2016 πραγματοποιήθηκαν στην Αίθουσα Τελετών του Α.Π.Θ. ορκωμοσίες νέων πτυχιούχων του Τμήματος Φυσικής.

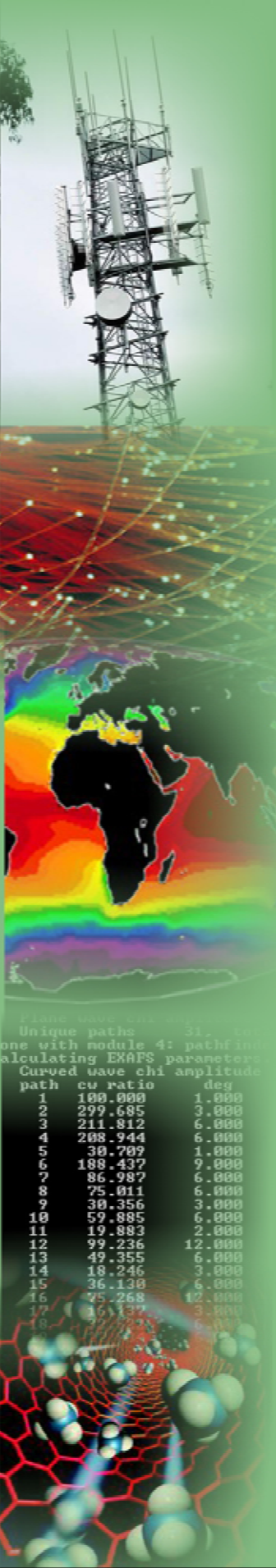
ΑΒΡΑΜΙΚΟΣ	ΘΩΜΑΣ ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ
ΑΓΓΕΛΙΔΗΣ	ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ
ΑΣΠΙΩΤΗΣ	ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΜΑΡΙΟΣ

ΒΛΑΣΑΚΟΥΔΗ	ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ
ΒΟΓΔΑΝΤΣΑΛΗ	ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ
ΓΑΛΑΤΣΟΠΟΥΛΟΣ	ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ
ΓΚΕΣΙΟΣ	ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ
ΓΚΙΑΤΑΣ	ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

Συνέβησαν στο Τμήμα

ΓΚΙΝΤΣΙΟΥΔΗ	ΑΘΗΝΑ ΔΗΜΗΤΡΑ
ΔΑΛΛΑΡΑΣ	ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ
ΔΑΝΑΚΗ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
ΔΟΥΡΑΛΗΣ	ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ
ΘΕΟΔΩΡΑΚΑΚΟΣ	ΑΝΤΩΝΙΟΣ
ΙΟΡΔΑΝΙΔΗΣ	ΧΡΗΣΤΟΣ
ΚΑΒΒΑΔΑΣ	ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΚΑΖΑΝΤΖΙΔΗΣ	ΟΜΗΡΟΣ
ΚΑΛΑΪΤΖΗΣ	ΙΩΑΝΝΗΣ
ΚΑΡΙΜΑΛΗΣ	ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ
ΚΑΡΚΑΝΙΑΣ	ΙΩΑΝΝΗΣ
ΚΑΣΤΟΡΗΣ-ΚΑΤΣΑΜΑΓΚΑΣ	ΝΙΚΟΛΑΟΣ
ΚΑΤΣΑΔΑ	ΔΗΜΗΤΡΑ
ΚΟΚΚΑΣ	ΗΛΙΑΣ
ΚΟΥΦΟΣ	ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΛΙΒΑ	ΣΤΥΛΙΑΝΗ
ΛΙΖΙΔΗΣ	ΜΑΡΙΟΣ
ΜΑΡΑΓΚΟΥΔΑΚΗΣ	ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ
ΜΑΤΣΚΑΛΙΔΟΥ	ΧΡΙΣΤΙΝΑ
ΜΗΤΟΣ	ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ
ΜΟΥΡΑΤΙΔΟΥ	ΓΕΩΡΓΙΑ
ΜΠΑΛΛΙΟΥ	ΜΑΡΙΑ
ΜΠΕΛΙΤΣΑ	ΜΑΡΙΑ
ΝΕΖΟΣ	ΟΡΕΣΤΗΣ
ΠΑΝΑΓΙΩΤΙΔΟΥ	ΜΑΡΓΑΡΙΤΑ
ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ	ΔΗΜΗΤΡΑ
ΠΑΠΑΘΑΝΑΣΙΟΥ	ΜΑΡΙΝΑ
ΠΛΙΑΤΣΚΑΣ	ΧΡΗΣΤΟΣ
ΠΟΝΤΙΚΗΣ	ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΣΙΔΗΡΟΠΟΥΛΟΥ	ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ
ΣΟΦΙΑΝΙΔΗΣ	ΙΩΑΝΝΗΣ
ΣΥΝΑΠΑΛΟΣ	ΑΝΤΩΝΙΟΣ
ΤΕΤΟΡΟΣ	ΑΓΓΕΛΟΣ
ΤΣΑΡΤΣΑΛΗ	ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ-ΕΙΡΗΝΗ
ΤΣΙΒΛΙΔΟΥ	ΜΑΡΙΑ
ΧΑΡΤΖΟΥΛΑΚΗΣ ΘΑΝΟΣ	ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΤΣΑΚΑΛΙΔΗΣ	ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Μεταπτυχιακά στο Τμήμα Φυσικής



Κατά τη διάρκεια του Σεπτεμβρίου γίνονται δεκτές αιτήσεις για την εισαγωγή στα Προγράμματα Μεταπτυχιακών Σπουδών (ΠΜΣ) του Τμήματος Φυσικής. Οι αιτήσεις υποβάλλονται στη γραμματεία του Τμήματος. Πληροφορίες υπάρχουν στις ιστοσελίδες των ΠΜΣ.

- Ηλεκτρονικής Φυσικής (Ραδιοηλεκτρολογίας)

E-mail: elecom@physics.auth.gr
Web: http://elecom.physics.auth.gr/
Τηλ: 2310 998430 & 2310 998550

- Φυσικής και Τεχνολογίας Υλικών

E-mail: materials@physics.auth.gr
Web: http://mater.physics.auth.gr/materials
Τηλ: 2310 998092 & 2310 998950

- Φυσικής Περιβάλλοντος

E-mail: pms-env@physics.auth.gr
Web: http://lap.physics.auth.gr/pms
Τηλ: 2310 998156

- Υπολογιστικής Φυσικής

E-mail: alask@physics.auth.gr
Web: http://comphys.web.auth.gr/
Τηλ: 2310 998658 & 2310 998550

- Νανοεπιστήμες & Νανοτεχνολογίες (Διατμηματικό)

E-mail: nninfo@physics.auth.gr
Web: http://nn.physics.auth.gr/
Τηλ: 2310 998952