



# Newsletter

Χρόνος 10, Τεύχος 15

<http://nn.physics.auth.gr>

Θεσσαλονίκη, Ιανουάριος 2013

## Περιεχόμενα

1. 11η Γενιά Νανοεπιστημόνων!.....	1
2. Διεθνή Συνέδρια & Σχολεία στην " NANOTECHNOLOGY 2012".....	2
3. Διπλωματικές Εργασίες των Αποφοίτων του ΔΠΜΣ N&N	
- Μελέτη Ανοσοσυμβατότητας Μεταλλικών Λεπτών Υμενίων και Ιατροτεχνολογικών Προϊόντων με την In-vitro Ποσοτική Μέτρηση C5 Μετατρεπτικού Ενζύμου του Συμπληρώματος [C5c] με την Τεχνική Sandwich Elisa.....	5
- Μελέτη Οπτικών Ιδιοτήτων Οργανικών Αγωγίμων Πολυμερών για εφαρμογή σε Οργανικές Ηλεκτρονικές Διατάξεις .....	8
- Νανοτεχνολογία στην Εκπαίδευση: Είναι Εφικτή?.....	10
- Αριθμητική Προσομοίωση πειραματικών διατάξεων Υπερθερμίας In-vitro με Νανοσωματίδια.....	12
4. Διατριβή: "Προσδιορισμός Κρυσταλλικών Δομών με Δεδομένα Περίθλασης Ηλεκτρονίων & Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας Υψηλής Διακριτικής Ικανότητας".....	15
5. Development of smart Machines, Tools and Processes for the precision synthesis of Nanomaterials with tailored properties for Organic Electronics (Smartonics) .....	18
6. "Νανοϊατρική για προηγμένα, Βιο-λειτουργικά/Μιμητικά υλικά για Καρδιαγγειακά Εμφυτεύματα (NanoCardio)".....	19
7. Oscillatory Flow in Patient-Specific Arteries.....	20
8. Συνέντευξη του Καθ. Θ. Μητσιάδη, Διευθυντή του Ινστ. Στοματικής Βιολογίας, της Ιατρικής Σχολής του Παν. Ζυρίχης.....	26
9. Συνέντευξη του Καθ. Θ. Καξίρα, από το Τμήμα Φυσικής του Πανεπιστημίου Harvard .....	29

## 1. 11η Γενιά Νανοεπιστημόνων!

Η 11<sup>η</sup> σειρά μεταπτυχιακών φοιτητριών και φοιτητών τη Δευτέρα 15 Οκτωβρίου 2012 έχαιρε της υποδοχής του Διευθυντή, των διδασκόντων και των δευτεροετών φοιτητών του Διεπιστημονικού Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών (ΔΠΜΣ) "Νανοεπιστήμες και Νανοτεχνολογίες". Στην εκδήλωση παρευρέθησαν ο Κοσμήτορας της Σχολής Θετικών Επιστημών Καθηγητής κ. Σ. Παυλίδης, ο Πρόεδρος του Τμήματος Φυσικής Αν. Καθηγητής κ. Θ. Λαόπουλος και ο Πρόεδρος του Τμήματος Βιολογίας Καθηγητής κ. Χ. Χιντήρογλου, οι οποίοι συνεχάρησαν και επιδοκίμασαν τους πρωτοετείς φοιτητές για την επιλογή τους.



Η ομιλία του Κοσμήτορα της ΣΘΕ κ. Σ. Παυλίδη καθώς και του Προέδρου του Τμήματος Φυσικής κ. Θ. Λαόπουλου

Ο Διευθυντής του ΔΠΜΣ N&N Καθηγητής κ. Στ. Λογοθετίδης, αφού καλωσόρισε τους πρωτοετείς φοιτητές, παρουσίασε το αντικείμενο και τους στόχους του προγράμματος. Υπογράμμισε τη συμπλήρωση δέκα ετών επιτυχούς λειτουργίας του και έκανε μια σύντομη αναδρομή στις μέχρι τώρα δραστηριότητες και επιτυχίες του. Συνέχισε με μια σύντομη εισαγωγή για την Νανοτεχνολογία, σχολιάζοντας ότι ο άνθρωπος ασχολείται με τη νανοκλίμακα εν αγνοία του εδώ και αιώνες και τόνισε τις δυνατότητες και τις προοπτικές της για το παρόν και το μέλλον. Επιπλέον, έδωσε ιδιαίτερη

έμφαση στο ετήσιο πολύ-συνέδριο NANOTECHNOLOGY, το οποίο διοργανώνεται από το Εργαστήριο LTFN και το ΔΠΜΣ N&N.



Ο κ. Στ. Λογοθετίδης Διευθυντής του ΔΠΜΣ N&N κατά την ομιλία του στους πρωτοετείς φοιτητές

Προκειμένου οι πρωτοετείς φοιτητές να πάρουν μια ιδέα της εξέλιξής τους, δύο τελειόφοιτοι φοιτητές του N&N, η Janjic Milka και ο Τσιτλακίδης Αβραάμ, παρουσίασαν τις διπλωματικές τους εργασίες με τα εξής θέματα: "Μελέτη Ανοσοσυμβατότητας Μεταλλικών Λεπτών Υμενίων και Ιατροτεχνολογικών Προϊόντων με την *in vitro* Ποσοτική Μέτρηση C5 Μετατρεπτικού Ενζύμου του Συμ-

πληρώματος [C5c] με την Τεχνική SANDWICH ELISA" και "Μοντελοποίηση της Διάδοσης του Νευρικού Ερεθίσματος: Ηλεκτρομηχανική θεώρηση", αντίστοιχα. Έτσι φάνηκαν η απαιτητικότητα και οι προκλήσεις του ΔΠΜΣ N&N.



Οι φοιτητές του ΔΠΜΣ N&N κ. M. Janjic, κ. A. Τσιτλακίδης

Για ακόμη μια χρονιά το ΔΠΜΣ N&N αποτέλεσε πόλο έλξης για ένα ευρύ φάσμα πτυχιούχων από διάφορες σχολές και πανεπιστήμια, γεγονός που αναδεικνύει την διεπιστημονικότητά του.

Ευχόμαστε σε όλους τους φοιτητές και τους διδάσκοντες υγεία και μια επιστημονικά προσοδοφόρα χρονιά.

Πούλιος Χρήστος  
Μεταπτυχιακός Φοιτητής ΔΠΜΣ N&N

## 2. Διεθνή Συνέδρια & Σχολεία στην "NANOTECHNOLOGY 2012"

Με ιδιαίτερως αυξημένη συμμετοχή συγκριτικά με τις περασμένες χρονιές πραγματοποιήθηκε το Διεθνές πολυεγενός Νανοτεχνολογίας, NANOTECHNOLOGY 2012 ([www.nanotecnology.com](http://www.nanotecnology.com)), στη Θεσσαλονίκη. Η NANOTECHNOLOGY 2012 συνδιοργανώθηκε από το Εργαστήριο Νανοτεχνολογίας LTFN του Α.Π.Θ. και τη HELEXPO A.E., ενώ υποστηρίχθηκε από το Υπουργείο Παιδείας και Δια Βίου Μάθησης, την Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας, τη Ζώνη Καινοτομίας Θεσσαλονίκης και το Δήμο Θεσσαλονίκης.

Στα πλαίσια του μοναδικού στο είδος του επιστημονικού γεγονότος, διεξήχθησαν:



**"2<sup>η</sup> Διεθνής Έκθεση στις  
Νανοτεχνολογίες & τα Οργανικά Ηλεκτρονικά  
(NANOTECHNOLOGY 2012 Expo)"**  
2-6 Ιουλίου 2012

Η NANOTECHNOLOGY 2012 Expo αποτέλεσε μια εξαιρετική ευκαιρία συνάντησης ειδικών επιστημόνων και ερευνητών στην Νανοτεχνολογία με τους ανθρώπους της Βιομηχανίας από 53 χώρες, και κυρίως από την περιοχή της ΝΑ Ευρώπης. Πιο συγκεκριμένα, συμμετείχαν σε αυτή Εταιρείες που δραστηριοποιούνται στους τομείς της Νανοτεχνολογίας και των Οργανικών Ηλεκτρονικών, Ακαδημαϊκά και Ερευνητικά Ιδρύματα που επιθυμούν να αξιοποιήσουν τα αποτελέσματα της έρευνας τους και άλλοι φορείς.



Στιγμιότυπο από την NANOTECHNOLOGY EXPO 2012



Στιγμιότυπο κατά τη διάρκεια του Συνεδρίου NANOTECHNOLOGY 2012

ISFOE12  
2-5 July 2012

**“5ο Διεθνές Συμπόσιο στα Εύκαμπτα  
Οργανικά Ηλεκτρονικά (ISFOE12)” 2-5 Ιουλίου  
2012**

Το **ISFOE** είναι ένα από τα σημαντικότερα συνέδρια διεθνώς, στην επιστήμη και τεχνολογία των Εύκαμπτων Οργανικών Ηλεκτρονικών. Ο σκοπός του ISFOE ήταν να φέρει κοντά επιστήμονες και μηχανικούς οι οποίοι ασχολούνται με την έρευνα, ανάπτυξη και κατασκευή των Εύκαμπτων Οργανικών Ηλεκτρονικών με εφαρμογές στην ενέργεια, τον φωτισμό, κ.α. με φορείς από το χώρο των επιχειρήσεων.

NN12  
3-6 July 2012

**“9ο Διεθνές Συνέδριο στις Νανοεπιστή-  
μες & Νανοτεχνολογίες (NN12)” 3-6 Ιουλίου 2012**

Το Διεθνώς αναγνωρισμένο συνέδριο **NN12** αποτελεί την ετήσια συνάντηση των επιστημόνων, ερευνητών, μηχανικών και εταιρειών που δραστηριοποιούνται και ενδιαφέρονται για τα νέα επιστημονικά και τεχνολογι-

κά επιτεύγματα που προκύπτουν στην περιοχή των N&N και εμπεριέχουν τα ηλεκτρονικά, την ενέργεια, το περιβάλλον, την υγεία, τις μεταφορές, την ασφάλεια, την εκπαίδευση κ.α.

ISSON12  
30 June-7 July 2012

**“6ο Διεθνές Θερινό Σχολείο στις N&N  
(ISSON12)” 30 Ιουνίου – 7 Ιουλίου 2012**

Το **ISSON12** στοχεύει στην εκπαίδευση νέων ερευνητών, αποφοίτων ΑΕΙ και στελεχών ερευνητικών και παραγωγικών φορέων στους τομείς των Νανοτεχνολογιών, Οργανικών Ηλεκτρονικών και Νανο-ιατρικής.

Παράλληλα με τα παραπάνω, διεξήχθησαν επιμέρους διοργανώσεις, σε θέματα σχετικά με τη Νανοιατρική, τη Βιοηλεκτρονική, τα Φωτοβολταϊκά και άλλες εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας μαζί με το Brokerage event B2B με στόχο να καλυφθούν επαρκώς όλοι οι τομείς της Νανοτεχνολογίας.

### Διεθνής συμμετοχή

Το πολυγεγονός NANOTECHNOLOGY 2012 έφερε για μία εβδομάδα τη Θεσσαλονίκη στο προσκήνιο της διεθνούς επιστημονικής επικαιρότητας. **124** νέοι ερευνητές και μεταπτυχιακοί φοιτητές από κάθε γωνιά του κόσμου συμμετείχαν στο Θερινό Σχολείο Νανοτεχνολογίας που κάλυπτε όλους τους τομείς της σύγχρονης επιστήμης (Νανοτεχνολογία, Νανοϊατρική, Οργανικά Ηλεκτρονικά, Εύκαμπτες Οθόνες OLED, Βιοηλεκτρονική, Ειδικά Μαθήματα για Ανάπτυξη Επιχειρηματικών Δράσεων από τους ίδιους τους ερευνητές).

**2000** ερευνητές και επιστήμονες, από όλο τον κόσμο, **140** Ινστιτούτα και Διεθνή Ερευνητικά Κέντρα, **70** Πανεπιστήμια από την Ελλάδα και το εξωτερικό και δεκάδες εταιρείες καινοτόμων προϊόντων από όλο τον κόσμο, συναντήθηκαν και παρουσίασαν τις ερευνητικές τους δραστηριότητες καθώς και τις καινοτομίες τους με περισσότερες από **700** ομιλίες και παρουσιάσεις.



Στιγμιότυπο κατά τη διάρκεια του Συνεδρίου NANOTECHNOLOGY 2012

Μεταξύ των διακεκριμένων επιστημόνων που χαιρέτησαν την έναρξη εργασιών της NANOTECHNOLOGY 2012 ήταν ο **επικεφαλής** της ερευνητικής ομάδας της IBM κ. **Φαέθων Αβούρης** ο οποίος έχει προταθεί για το βραβείο Νόμπελ και μίλησε για το γραφένιο. Πρόκειται για ένα υλικό που μοιάζει με κυψέλη ατόμων άνθρακα και στην ουσία καταλαμβάνει μόνο δύο διαστάσεις, εξαιτίας του πολύ μικρού πάχους του. Πρόσφατα ανακαλύφθηκε η ιδιότητα του γραφενίου να ανιχνεύει το φως. Αυτή η ιδιότητα του οδηγεί στη δημιουργία συσκευών με μεγάλο εύρος εφαρμογής, όπως σε συστήματα ασφαλείας σε αεροδρόμια, σε ιατρικές απεικονίσεις και στην αστρονομία.



**Φαέθων Αβούρης, Επικεφαλής της IBM T. J. Watson Research Center, Yorktown Heights, NY 10598, USA**

## Από την έρευνα στις εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας

“Το μερίδιο αγοράς της Νανοτεχνολογίας σήμερα ανέρχεται στα 500-600 δις ευρώ, ενώ το 2015 αναμένεται να φτάσει και το 1,5 τρις ευρώ. Είναι ένα τρένο που δεν πρέπει να χάσουμε ως χώρα με δεδομένο το υψηλό επίπεδο επιστημόνων που παράγουμε. Έχουμε μια λαμπρή ευκαιρία στα χέρια μας και πρέπει να την αξιοποιήσουμε, για να βγούμε από την κρίση”, τόνισε κατά τη διάρκεια των εργασιών του Συνεδρίου ο Πρόεδρος της Οργανωτικής Επιτροπής της NANOTECHNOLOGY 2012 και Διευθυντής του Εργαστηρίου Νανοτεχνολογίας LTFN του ΑΠΘ Καθ. Στ. Λογοθετίδης.



**Καθ. Στ. Λογοθετίδης, Πρόεδρος της Οργανωτικής Επιτροπής του NANOTECHNOLOGY 2012 και Διευθυντής του Εργαστηρίου Νανοτεχνολογίας LTFN**

Μάλιστα, συμπλήρωσε ότι: “*Η περιοχή της Κεντρικής Μακεδονίας μπορεί να ενταχθεί στο σχεδιασμό της Ευρώπης για Τεχνολογική Ανάπτυξη, στο πλαίσιο των χρηματοδοτήσεων των περιοχών καινοτομίας στην Ευρώπη για την περίοδο 2014-2020. Πρόκειται για ένα πρόγραμμα χρηματοδότησης συγκεκριμένων περιφερειών της Ευρώπης στο οποίο η Θεσσαλονίκη και γενικά η Κεντρική Μακεδονία πρέπει να έχει πρωταγωνιστικό ρόλο*”.

Άννα- Μαρία Παππά

Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια ΔΠΜΣ Ν&Ν

### 3. Διπλωματικές Εργασίες των Αποφοίτων του ΔΠΜΣ Ν&Ν

#### - Μελέτη Ανοσοσυμβατότητας Μεταλλικών Λεπτών Υμενίων και Ιατροτεχνολογικών Προϊόντων με την In-vitro Ποσοτική Μέτρηση C5 Μετατρεπτικού Ενζύμου του Συμπληρώματος [C5c] με την Τεχνική Sandwich Elisa

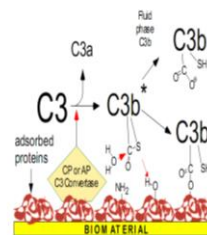
Η ανοσοσυμβατότητα είναι ο όρος που χρησιμοποιείται για να περιγραφεί μια σύνθετη αντίδραση του οργανισμού στο βιοϋλικό η οποία εξαρτάται τόσο από τα φυσικό-χημικά χαρακτηριστικά του βιοϋλικού, όσο και από την κληρονομική και την επίκτητη ικανότητα του παραλήπτη να αντιδράσει. Είναι μια από τις σημαντικότερες ιδιότητες που καθορίζει την αιμοσυμβατότητα των βιοϋλικών και εν συνέχεια τη βιοσυμβατότητα τους. Υπάρχουν πολλά διαφορετικά είδη βιοϋλικών που χρησιμοποιούνται σε καθημερινή βάση στις ιατρικές εφαρμογές και έρχονται σε άμεση επαφή με το αίμα και αλλά σωματικά υγρά όπως π.χ. συσκευές αιμοκάθαρσης, διαφορετικά είδη καθετήρων, οξυγονωτές, εξοπλισμός πλασμαφαίρεσης, ενδοαγγειακά μοσχεύματα, ενδοπροθέσεις κλπ.

Αν και έχει σημειωθεί σημαντική πρόοδος, πολλά υλικά συνδέονται με τις ανεπιθύμητες παρενέργειες βιοασυμβατότητας [bioincompatibility] όπως η φλεγμονή, η ανοσολογική αντίδραση, η μόλυνση κλπ., με αποτέλεσμα την επακόλουθη απώλεια της λειτουργίας τους. Τεχνητά υλικά μπορούν να ενεργοποιήσουν διάφορα συστήματα στο αίμα όπως το σύστημα του συμπληρώματος, της πήξης, της επαφής, το ινωδολυτικό, καθώς και τα αιμοπετάλια. Τα συστήματα αυτά είναι ζωτικής σημασίας για την ανοσοσυμβατότητα αιμοσυμβατότητα των βιοϋλικών.

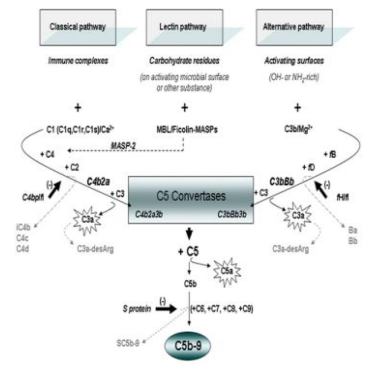
Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η συγκριτική μελέτη ανοσοσυμβατότητας αιμοσυμβατότητας διαφορετικών υλικών όπως τα μεταλλικά λεπτά υμένα [άμορφος υδρογονωμένος άνθρακας [a-C:H], νιτρίδιο του τιτανίου [TiN], τιτάνιο [Ti] και ιατροτεχνολογικά προϊόντα, όπως Latex καθετήρας παροχέτευσης επικαλυμμένος με σιλικόνη, ενδοπροθέσεις όπως ενδοαγγειακά μοσχεύματα [Dacron, PTFE] και stent μοσχεύματα [Nitinol stent

graft, Cobalt Chromium stent graft] μέσω ενεργοποίησης του C5 μετατρεπτικού ενζύμου του συμπληρώματος [C5 Convertase]. Το C5 μετατρεπτικό ενζυμο καταλύει τη διάσπαση του C5 σε δυο θραύσματα, το C5a και το C5b. Το μικρότερο θραύσμα C5a είναι μία αναφυλατοξίνη που συμμετέχει στη φλεγμονή προσελκύνοντας τα φαγοκύτταρα στο σημείο της μόλυνσης. Το μεγαλύτερο θραύσμα C5b ενώνεται με το ήδη δεσμευμένο στην επιφάνεια των κυττάρων C3b, και επιτρέπει την έναρξη της αυτοσυγκράτησης του συμπλέγματος λύσεως της μεμβράνης (membrane attack complex, MAC) από τα C6, C7, C8, C9 που δεσμεύονται διαδοχικά (Σχήμα 1). Η σύνθεση του συμπλέγματος οδηγεί στον σχηματισμό καναλιών ή πόρων στην επιφάνεια των κυττάρων, που οδηγεί τελικά στη λύση τους.

Complement surface activation model  
(better model by Wetterö J, et al, 2006)



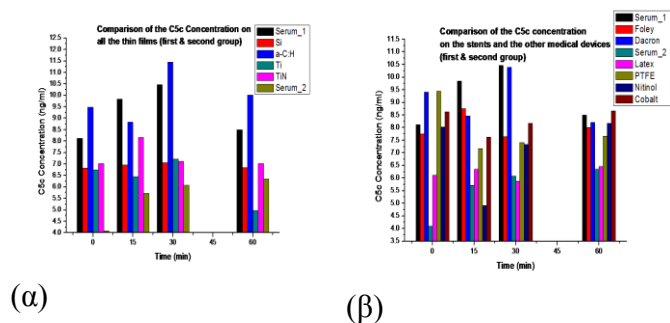
Σχήμα 1(α): Μοντέλο C3 ενεργοποίησης στην επιφάνεια του βιοϋλικού.



Σχήμα 1(β): Το κύριο γεγονός της ενεργοποίησης του συμπληρώματος είναι η ενζυματική διάσπαση των C3 σε C3b και C3a μέσω τριών διαφορετικών οδών ενεργοποίησης.

Οι τρεις τύποι των λεπτών υμενίων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία έχουν αναπτυχθεί σε υπόστρωμα πυριτίου με Magnetron Sputtering και Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition (PECVD). Επιπλέον το υπόστρωμα πυριτίου και ο ανθρώπινος ορός χρησιμοποιήθηκαν ως "αρνητικός" έλεγχος και το Latex [ελαστικό πολυμερές

υδρογονάνθρακα] ως “θετικός” έλεγχος. Ενεργοποίηση του C5 μετατρεπτικού ενζύμου [Complement C5 Convertase] αξιολογήθηκε χρησιμοποιώντας την ανοσολογική ανάλυση Sandwich ELISA για την *in vitro* ποσοτική μέτρηση της C5c στον ανθρώπινο ορό, προκειμένου να αξιολογηθεί η C5c ενεργοποίηση για συγκεκριμένες χρονικές περιόδους [0 λεπτά, 15 λεπτά, 30 λεπτά και 60 λεπτά] επώασης ενός βιοϋλικού, όπως παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.



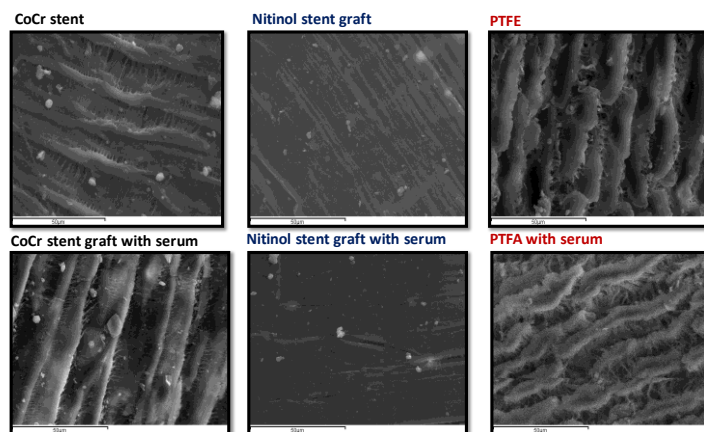
**Σχήμα 2:** Σύγκριση του C5c μετά από διάφορα χρονικά διαστήματα στα (α) λεπτά υμένια και (β) ιατροτεχνολογικά προϊόντα.

Τα αποτελέσματα έδειξαν έναν τύπο κινητικής ενεργοποίησης του C5 μετατρεπτικού ενζύμου για σχεδόν όλα τα υλικά. Παρατηρείται μια πτώση στις συγκεντρώσεις του C5c στα πρώτα 15 λεπτά επώασης σχεδόν για όλα τα υλικά εκτός από το TiN και το Foley. Το γεγονός αυτό μπορεί να εξηγηθεί με την προσρόφηση του C5c στην επιφάνεια του υλικού, στα αρχικά στάδια της αντίδρασης του υλικού με τον ορό. Όπως φαίνεται από το διάγραμμα, η προσρόφηση στο TiN λεπτό υμένιο γίνεται σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα, στα πρώτα δευτερόλεπτα. Το Foley [Latex καθετήρας παροχέτευσης επικαλυμμένος με σιλικόνη] προκαλεί επίσης, πολύ μικρού βαθμού ανοσολογική αντίδραση μετά από τη σιλικόνη και ο πιθανός λόγος είναι η προεπεξεργασία του υλικού και η επικάλυψη του καθετήρα με αδρανές υλικό, όπως η σιλικόνη. Το αποτέλεσμα ήταν αναμενόμενο λόγω γνωστών χαρακτηριστικών του Latex καθετήρα παροχέτευσης και της σιλικόνης. Το δείγμα με την μεγαλύτερη ενεργοποίηση του C5c είναι το μεταλλικό λεπτό υμένιο a-C:H και το αποτέλεσμα έχει άμεση σχέση με τις μορφολογικές ιδιότητες και επομένως τη μέθοδο ανάπτυξης του δε-

ίγματος, όπως αποδείχτηκε και από τα πειράματα που ακλούθησαν.

Ο μορφολογικός χαρακτηρισμός των παραπάνω υλικών έγινε με την ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης (SEM).

Δεν παρατηρήθηκε μεγάλη διάφορα στις SEM εικόνες των υλικών πριν και μετά την επώαση τους στον ανθρώπινο ορό (Σχήμα 3). Τα αποτελέσματα ήταν αναμενόμενα λόγω του γεγονότος ότι αυτά τα υλικά είναι δοκιμασμένα στο χρόνο, διότι χρησιμοποιούνται πολύ καιρό στην ιατρική και είναι κατασκευασμένα έτσι ώστε να μην προκαλούν μεγάλου βαθμού αντίδραση με τις γνωστές συνέπειες. Αυτός ήταν και ο μοναδικός τρόπος να εξετάσουμε την τοπογραφία της επιφάνειάς τους.



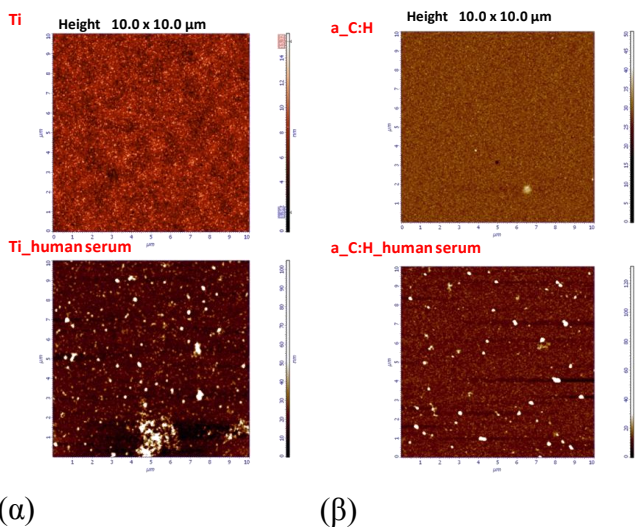
**Σχήμα 3:** Μελέτη της δομής της επιφάνειας των ιατροτεχνολογικών προϊόντων πριν και μετά την επώαση τους για 20 λεπτά στον ανθρώπινο ορό.

Η μελέτη της τοπογραφίας των λεπτών υμενίων έγινε με τη μέθοδο της Μικροσκοπίας Ατομικών Δυνάμεων (AFM) και της υδροφιλικότητας με μέτρηση της γωνίας διαβροχής (Contact Angle).

Με την AFM τεχνική μελετήθηκαν τα λεπτά υμένια που ήταν επίπεδα δείγματα.

Τα δείγματα των ιατροτεχνολογικών προϊόντων που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα, λόγω και της μορφολογίας τους ήταν αδύνατο να εκτιμηθούν το AFM, για αυτό και χρησιμοποιήθηκε η SEM τεχνική. Συγκεκριμένα, μετρήθηκαν τα υποστρώματα (Si) μόνα τους και τα μεταλλικά υμένια (Ti-Si, TiN-Si, a-C:H-Si) πριν και μετά την επώαση περίπου 20 λεπτά στον ανθρώπινο ορό. Τα μεταλλικά υμένια αυτής της ομά-

δας πειραμάτων έχουν πολύ ομαλές επιφάνειες, με την εικόνα να αλλάζει κατά πολύ μετά την επώαση των δειγμάτων στον ανθρώπινο ορό, αποτέλεσμα εναποθέσεων των πρωτεϊνών και άλλων ενεργών μορίων του πλάσματος. Οι πρωτεΐνες του πλάσματος δεσμεύονται αμέσως και καλύπτουν την επιφάνεια ενός βιοϋλικού μόλις αυτό έρθει σε επαφή με το πλάσμα, το αίμα ή άλλα σωματικά υγρά [Vroman effect]. Επίσης, οι διαφορετικές αυτές τιμές της τραχύτητας στα παραπάνω δείγματα έχουν να κάνουν και με τις τεχνικές εναπόθεσης που έχουν χρησιμοποιηθεί, όπως επίσης και με τις συνθήκες που έχουν εφαρμοστεί κατά την ανάπτυξή τους.



**Σχήμα 4:** Εικόνες AFM μεταλλικών υμενίων (10x10μm) πριν & μετά την επώαση 20 min στον ορό (α) Ti και (β) a\_C:H.

Πειραματικά στην παρούσα διπλωματική εργασία μετρήθηκε και η γωνία διαβροχής. Τα δείγματα που μετρήθηκαν ήταν το Ti, TiN, α-C:H και το Si. Από τη γωνία διαβροχής, προσδιορίστηκε ακόμη ένα σημαντικό μέγεθος, η ελεύθερη επιφανειακή ενέργεια (free surface energy) του δείγματος. Γενικά, όλα τα δείγματα παρουσιάζουν υδρόφιλη συμπεριφορά και δεν υπάρχουν έντονες διαφορές στην τιμή της γωνίας διαβροχής τους (Πίνακας 1). Φυσικές ιδιότητες όπως υδροφοβικότητα και υδροφιλικότητα είναι οι παράμετροι που επηρεάζουν την ικανότητα της ενεργοποίησης του συστήματος του συμπληρώματος. Οι υδρόφοβες επιφάνειες είναι πιο ισχυροί παράγοντες ενεργοποίησης από τις υδρόφιλες. Η νανοτοπογραφία των υμενίων που εξετάστηκαν έδειξε πολύ μικρή τρα-

χύτητα, η οποία δεν επηρέασε την υδροφιλικότητα των υμενίων.

Λεπτά Υμένια	Γωνία διαβροχής (deg)	Ελεύθερη επιφανειακή ενέργεια $\gamma_{sv}$ (mN/m)
TiN	64±0,2	44,8
α-C:H	70±0,2	44,1
Si	47±0,1	54,8
Ti	58±0,7	48,4

**Πίνακας 1:** Προσδιορισμός της υδροφιλικότητας/υδροφοβικότητας των λεπτών υμενίων με την τεχνική μέτρησης της γωνίας διαβροχής.

Η καινοτομία της παρούσας μελέτης βρίσκεται στην επιλογή της μέτρησης της ενεργοποίησης του συγκεκριμένου παράγοντα (C5c) του συμπληρώματος, στην επιλογή των υλικών της μελέτης και κυρίως στην αποτελεσματικότητα της μεθόδου. Είναι ελάχιστες οι μελέτες που σχετίζονται με την ανάλυση ανοσοσυμβατότητας και ανοσοτοξικότητας των βιοϋλικών μέσω ενεργοποίησης του συγκεκριμένου παράγοντα, ειδικά με τη μελέτη της ανοσοσυμβατότητας των μεταλλικών λεπτών υμενίων μέσω ενεργοποίησης του C5c. Η αποτελεσματικότητα της μελέτης εναπόκειται στο γεγονός ότι με τη μέτρηση ενός μόνο παράγοντα στον ορό, πήραμε μια πληθώρα πληροφοριών για τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν στο παρών πείραμα, όχι μόνο για την άνοσο-και βιοσυμβατότητα τους, αλλά και πληροφορίες που αφορούν άλλες ιδιότητες τους. Επίσης επιβεβαιώθηκαν τα αποτελέσματα των μετρήσεων και υπήρχε μια άριστη συσχέτιση των αποτελεσμάτων με τα ευρήματα των λοιπών μετρήσεων. Με αυτόν τον τρόπο αποκτήσαμε μια ολοκληρωμένη εικόνα για τα δείγματα που μελετηθήκαν και το κυριότερο, επιβεβαιώσαμε τα αποτελέσματα των εισαγωγικών μετρήσεων. Ένας από τους στόχους της Νανοϊατρικής είναι και η πιθανή εφαρμογή Νανοϋλικών στην ιατρική και ο αποτελεσματικός έλεγχος βιολογικών αντιδράσεων.

Milka Janjic

Απόφοιτη ΔΠΜΣ N&N

## - Μελέτη Οπτικών Ιδιοτήτων Οργανικών Αγώγιμων Πολυμερών για εφαρμογή σε οργανικές ηλεκτρονικές διατάξεις

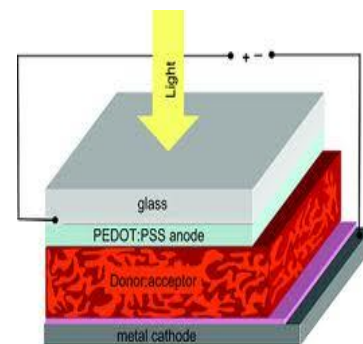
Η συνεχής αύξηση των ενεργειακών αναγκών παγκοσμίως έχει οδηγήσει στην αναζήτηση νέων εναλλακτικών πηγών ενέργειας όπως η αιολική, η ηλιακή, η γεωθερμία κ.α. Πιο συγκεκριμένα η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, που είναι ανεξάντλητη, μπορεί να γίνει με τρόπο φιλικό προς το περιβάλλον, ενώ η μετατροπή της σε ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να καλύψει ένα ποσοστό των ενεργειακών αναγκών παγκοσμίως.

Τα τελευταία χρόνια με την ανακάλυψη νέων υλικών, η έρευνα στρέφεται σε νέες λύσεις παραγωγής ενέργειας, καθώς και σε διατάξεις οι οποίες καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια. Οι σύγχρονες τάσεις στην τεχνολογία εστιάζονται προς τα εύκαμπτα οργανικά ηλεκτρονικά (Flexible Organic Electronics) και ιδιαίτερα στα εύκαμπτα οργανικά φωτοβολταϊκά στοιχεία (Flexible Organic Photovoltaics, FOPVs) και στις εύκαμπτες οργανικές διόδους εκπομπής φωτός (Flexible Organic Light Emitting Diodes, FOLEDs). Αυτό συμβαίνει διότι μπορούν να παραχθούν σε μεγάλες ποσότητες, με διαδικασίες roll-to-roll με χαμηλό κόστος και παρουσιάζουν ελκυστικές ιδιότητες όπως ότι είναι εύκαμπτα, εξαιρετικά λεπτά και ελαφριά.

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν οι οπτικές και ηλεκτρονικές ιδιότητες υμενίων PEDOT:PSS. Το PEDOT:PSS αποτελεί ένα αγώγιμο πολυμερές, που χρησιμοποιείται ήδη ως στρώμα μεταφοράς οπών στα οργανικά ηλεκτρονικά και ερευνάται η χρήση του ως ηλεκτροδίου σε οργανικές φωτοβολταϊκές διατάξεις, αντικαταστάτη του ανόργανου ITO. Οι ιδιότητές του είναι η υψηλή αγωγιμότητα, η διαφάνεια και η μεγάλη σταθερότητα. Η κατάλληλη επεξεργασία του αυξάνει δραματικά την αγωγιμότητα του. Σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη και βελτίωση της αγωγιμότητάς του υλικού για την εφαρμογή του σε οργανικά ηλεκτρονικά.

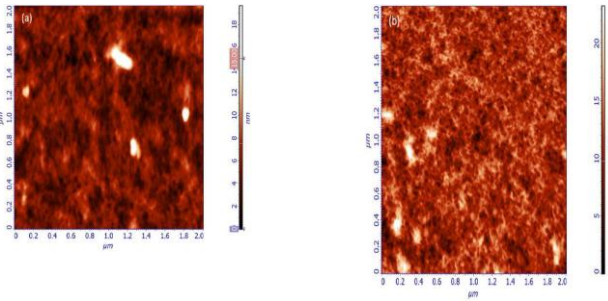
Στο πρώτο μέρος των πειραμάτων πραγματοποιείται εναπόθεση υμενίων PEDOT:PSS PH 1000 με διαφορετικές συγκεντρώσεις διαλύτη διμεθυλοσουλφοξειδίου (Dimethyl Sulfoxide DMSO) σε υπόστρωμα γυαλιού. Μελετήθηκε η επίδραση του διαλύτη στις οπτικές και ηλεκτρικές ιδιότητες του υλικού με Φασματοσκοπική Ελλειψομετρία. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα μετρήθηκε με την μέθοδο Van der Pauw. Επιπλέον υπολογίστηκε η αγωγιμότητα του υλικού, με τη χρήση κατάλληλου μοντέλου, από τη Φασματοσκοπική Ελλειψομετρία. Στο τέλος του πρώτου πειραματικού μέρους γίνεται σύγκριση των τιμών της ηλεκτρικής και της οπτικής αγωγιμότητας.

Στο δεύτερο μέρος της εργασίας πραγματοποιήθηκε εναπόθεση υμενίων PEDOT με συγκέντρωση 6% διαλύτη DMSO. Στη συνέχεια τα υμένια μετά την πρώτη ξήρανση, επαναθερμαίνονται σε διαφορετικές θερμοκρασίες (120°C-220°C) και μελετώνται οι οπτικές τους ιδιότητες με μετρήσεις Real time SE κατά την διαδικασία της θέρμανσης. Μελετώνται η επίδραση της θερμοκρασίας στην διηλεκτρική συνάρτηση, στον δείκτη διάθλασης και σε άλλες οπτικές παραμέτρους με τη χρήση κατάλληλων μοντέλων.



Διάταξη οργανικού φωτοβολταϊκού OPV





(a) Τοπογραφία επιφάνειας υμενίου PEDOT:PSS (PH 1000), pristine (AFM)

(b) Τοπογραφία επιφάνειας υμενίου PEDOT:PSS (PH 1000) συγκέντρωση διαλύτη DMSO 6% (AFM)

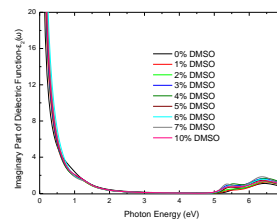
Σημαντικός λόγος για την αποδοχή του PEDOT ως εύχρηστου εμπορικού προϊόντος είναι το κόστος παραγωγής του. Οι προσπάθειες που καταβάλλονται σήμερα έχουν ως στόχο την εύρεση νέων μεθόδων παραγωγής με χαμηλότερο κόστος. Τα τελευταία χρόνια προσπάθειες που γίνονται ερευνητικά είναι στην κατεύθυνση αντικατάστασης του ανόργανου και ακριβού ITO από το PEDOT ως ανοδικό ηλεκτρόδιο στα OPVs, αφού ως τώρα η χρήση του είναι ως μονωτικό wafer μεταξύ του ITO και του active layer. Το PEDOT: PSS:

- λειτουργεί ως στρώμα μεταφοράς οπών
- αυξάνει το έργο εξόδου της ανόδου βελτιώνοντας την κινητικότητα των οπών
- εξομαλύνει την τραχύτητα του ITO, αφού η δι-επιφάνεια παίζει σημαντικό ρόλο στην τελική απόδοση της διάταξης.

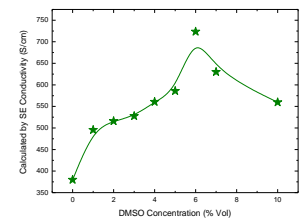
Από την πειραματική διαδικασία προέκυψε ότι το PEDOT:PSS με την κατάλληλη επεξεργασία μπορεί να αυξήσει δραματικά την αγωγιμότητα του (10 S/cm pristine) με την προσθήκη διαλύτη DMSO και στη συνέχεια με τη διαδικασία της ξήρανσης. Η μέγιστη αγωγιμότητα είναι 862 S/cm, με πάχος περίπου 79 nm και επιτυγχάνεται στο υμένιο με συγκέντρωση διαλύτη 6%. Οι βασικοί φορείς αγωγιμότητας είναι τα πολารόνια και διπολαρόνια. Από τα φάσματα ελλειψομετρίας διαπιστώνουμε ότι το “ενεργειακό χάσμα” του PSS μειώνεται με την αύξηση της συγκέντρωσης του διαλύτη (4,95 – 4.92 eV). Η επίδραση του διαλύτη αυξάνει την αγωγιμότητα, επειδή απομακρύνει το PSS το οποίο είναι μονωτικό και αλλάζει την κατευθυντικότητα των πολυμερικών αλυσίδων, γεγονός το

οποίο βοηθάει στο “hopping” και στην καλύτερη ευκινησία των φορέων αγωγιμότητας. Η μεταβολή στην αγωγιμότητα διαπιστώνεται από τις εικόνες Σαρωτικής Μικροσκοπίας AFM, όπου διαπιστώνεται η μεταβολή στη νανο-τοπογραφία υμενίων χωρίς και με προσθήκη διαλύτη 6% DMSO.

Από το δεύτερο πειραματικό μέρος μπορούμε να συμπεραίνουμε ότι κατά τη δεύτερη θέρμανση δεν παρουσιάζεται ιδιαίτερη αλλαγή στην αγωγιμότητα του υμενίου. Υπάρχει πτώση της αγωγιμότητας μέχρι και 30 S/cm στις υψηλές θερμοκρασίες, ενώ στις χαμηλές θερμοκρασίες δεν υπάρχει μεταβολή. Το γεγονός αυτό μας δείχνει ότι το υλικό μας παραμένει σταθερό. Από τις μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο διαπιστώνουμε ότι κατά τη διάρκεια της θέρμανσης μεταβάλλεται ο δείκτης διάθλασης του υλικού σε θερμοκρασία άνω των 120° C και ότι το μέτρο υαλώδους μετάπτωσης είναι 112° C.



Το φανταστικό μέρος ει της «ψευδο» - διηλεκτρικής συνάρτησης για διαφορετικές συγκεντρώσεις διαλύτη DMSO



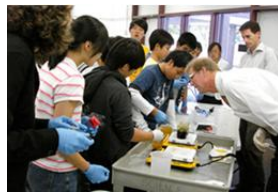
Υπολογισμένη αγωγιμότητα με φασματοσκοπική ελλειψομετρία για διαφορετικές συγκεντρώσεις διαλύτη DMSO

Συνοψίζοντας μπορούμε να επισημάνουμε ότι το PEDOT:PSS PH1000 είναι ένα υποψήφιο υλικό, αφού είναι το πιο αγωγίμο πολυμερές, για να λειτουργήσει από μόνο του ως ηλεκτρόδιο, αντικαθιστώντας το ανόργανο ITO σε διατάξεις OPV. Με την κατάλληλη τροποποίηση, δηλαδή με την προσθήκη διαλύτη DMSO σε συγκέντρωση 6% αυξάνει την αγωγιμότητα του.

Νικολαΐδου Δόμνα  
Απόφοιτη ΔΠΜΣ N&N

## - Νανοτεχνολογία στην Εκπαίδευση: Είναι Εφικτή?

Η Νανοτεχνολογία και οι εφαρμογές της συναντώνται ολοένα και περισσότερο στην καθημερινή ζωή, με συνέπεια οι πολίτες, χωρίς σπουδές στη Νανοτεχνολογία να έρχονται σε επαφή με προϊόντα που προκύπτουν από αυτή και να καλούνται να πάρουν κρίσιμες αποφάσεις για το κατά πόσο επιθυμούν ή όχι να τα χρησιμοποιούν.

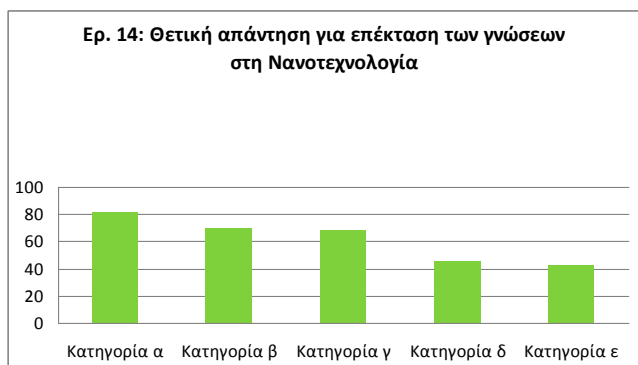
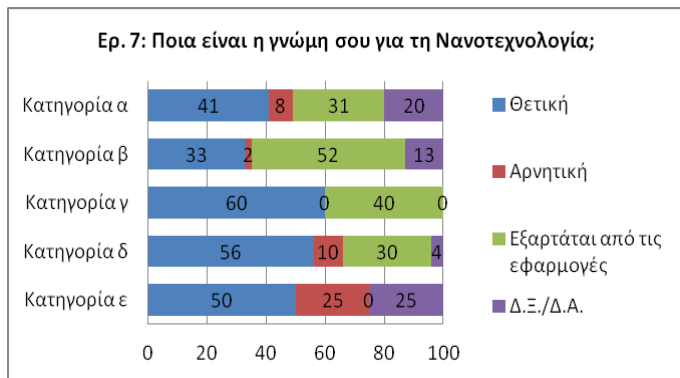


Για το λόγο αυτό γίνεται μια απόπειρα εισαγωγής της Νανοτεχνολογίας στην Εκπαίδευση, εκεί δηλαδή όπου ο πολίτης προετοιμάζεται για την είσοδό του στην κοινωνία. Είναι, όμως, δυνατόν η Νανοτεχνολογία και οι εφαρμογές της να ενδιαφέρουν τους μαθητές της Μέσης Εκπαίδευσης, ώστε να υπάρχει ενεργός συμμετοχή τους με θετικά αποτελέσματα; Και αν ναι, είναι εφικτό, από την άποψη της μη επιπλέον επιβάρυνσης του αναλυτικού προγράμματος, να εισαχθεί στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση;

Ξεκινήσαμε μια βιβλιογραφική έρευνα καταγραφής των προσπαθειών εισαγωγής της Νανοτεχνολογίας

στην εκπαίδευση που έχουν γίνει παγκόσμια, οι οποίες διακρίνονται σε προτάσεις επιμόρφωσης Καθηγητών, ενημέρωσης για όλους, στην πρόκληση ενδιαφέροντος σε μαθητές μεγάλων τάξεων προκειμένου να ακολουθήσουν επιστημονική καριέρα και σε εξειδικευμένη διδασκαλία. Εντάσσονται, κυρίως, στα πλαίσια της άτυπης εκπαίδευσης, μέσα από ανοιχτές πύλες Πανεπιστημίων, Εκθέσεις, Μουσεία Επιστημών, και ιστοσελίδες με προτεινόμενο υλικό διδασκαλίας. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η ιστοσελίδα nanoyou.eu, η οποία δημιουργήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση και περιέχει εκπαιδευτικό υλικό για τη διδασκαλία εννοιών και εφαρμογών της Νανοτεχνολογίας. Μέρος του υλικού είναι γραμμένο και στα ελληνικά.

Η μελέτη των παραπάνω προτάσεων μας οδήγησε: α) στη διαμόρφωση ερωτηματολογίου και β) στο σχεδιασμό ενός project. Το ερωτηματολόγιο, με 15 συνολικά ερωτήσεις, στοχεύει στην καταγραφή γνώσεων, στάσεων και ενδιαφέροντος για τη Νανοτεχνολογία. Δόθηκε σε 273 άτομα ηλικίας 15 – 35, που ανήκαν σε 5 διαφορετικές ομάδες ως προς το μορφωτικό επίπεδο και το αντικείμενο σπουδών. [Η κατηγορία α αποτελείται από μαθητές, η κατηγορία β από φοιτητές σχολών Θετικών Επιστημών, Πολυτεχνείων και Ιατρικής, η κατηγορία γ από απόφοιτους αυτών των σχολών, η κατηγορία δ από φοιτητές και απόφοιτους ανθρωπιστικών και οικονομικών σχολών και η κατηγορία ε από πολίτες χωρίς ακαδημαϊκή εκπαίδευση]. Από την επεξεργασία του ερωτηματολογίου προέκυψε ότι: α) οι γνώσεις, αυτών που δεν έχουν ειδικές σπουδές, είναι ελλιπείς, β) η στάση όλων χαρακτηρίζεται από επιφυλακτικότητα και γ) οι μαθητές κι οι ειδικοί δείχνουν έντονο ενδιαφέρον για ανάπτυξη γνώσεων. Κάποια αποτελέσματα παρουσιάζονται στα παρακάτω διαγράμματα:



Λαμβάνοντας υπόψη και τα αποτελέσματα από την επεξεργασία του ερωτηματολογίου, σχεδιάσαμε το project, συνολικής διάρκειας 24 ωρών, σε 8 εβδομάδες. Εφαρμόστηκε σε τμήμα 18 μαθητών της Α' Τάξης του 1<sup>ου</sup> Πρότυπου Πειραματικού Λυκείου Θεσσαλονίκης στα πλαίσια του μαθήματος "Ερευνητική Εργασία – Project". Οι μαθητές παρακολούθησαν διαλέξεις, επισκέφτηκαν το εργαστήριο LTFN του ΑΠΘ, εκτέλεσαν ομαδικά τρία πειράματα και συνέθεσαν βιβλιογραφική εργασία για εφαρμογή της Νανοτεχνολογίας που επέλεξαν. Οι εργασίες τους παρουσιάστηκαν σε εκδήλωση του σχολείου.

Τα αποτελέσματα από τις εργασίες των μαθητών, οι παρατηρήσεις μας στην τάξη, οι απόψεις των μαθητών και Καθηγητών για το project που καταγράφηκαν, δείχνουν ότι η Νανοτεχνολογία μπορεί να εισαχθεί στην εκπαίδευση, προσφέροντας μάλιστα πέρα από γνώσεις και την καλλιέργεια των ικανοτήτων – κλειδιών και της ιδιότητας του Πολίτη, γεγονός το οποίο

αποτελεί στόχο των σύγχρονων αναλυτικών προγραμμάτων.



Θα μπορούσαν να εξαχθούν πιο ασφαλή συμπεράσματα εφόσον το project εφαρμοστεί σε ευρύτερο πληθυσμό, γεγονός το οποίο προτείνεται για περαιτέρω έρευνα. Η παρουσίαση του ερωτηματολογίου θα μπορούσε να διεξαχθεί από Καθηγητές στις σχολικές τάξεις, μετά από επιμόρφωση τους από το Πανεπιστήμιο. Το υπάρχον μάθημα "Ερευνητική Εργασία – Project" προσφέρεται, ώστε να μην υπάρξει επιβάρυνση του αναλυτικού προγράμματος. Τέλος, προς την κατεύθυνση της μη επιβάρυνσης του αναλυτικού προγράμματος, θα μπορούσε να εξεταστεί αν είναι δυνατή η εισαγωγή της Νανοτεχνολογίας στην Εκπαίδευση μέσα από ήδη προσφερόμενες ενότητες Φυσικής, Χημείας ή Βιολογίας, πιθανά με κατάλληλη προσαρμογή τους. Ακόμη, αυτό θα συμφιλίωνε την απαίτηση για σύγχρονες όψεις της επιστήμης στο σχολείο με την παράλληλη συσχέτισή τους με την καθημερινή ζωή.

Κουμαρά Άννα  
Απόφοιτη ΔΠΜΣ Ν&Ν

## - Αριθμητική Προσομοίωση πειραματικών διατάξεων Υπερθερμίας In-vitro με Νανοσωματίδια

Ως υπερθερμία ορίζεται η αύξηση της θερμοκρασίας προκειμένου να καταπολεμηθεί μια ασθένεια. Η εφαρμογή της υπερθερμίας με τη μεσολάβηση μαγνητικού μέσου (μαγνητική υπερθερμία) προσφέρει ένα ευρύτατο πεδίο έρευνας για την επίτευξη θεραπευτικών εφαρμογών. Από έρευνες έχει αποδειχθεί ότι η υπερθερμία καταστρέφει τα καρκινικά κύτταρα, προκαλώντας βλάβες σε πρωτεΐνες και δομές μέσα σε αυτά με αποτέλεσμα τη συρρίκνωση του όγκου. Αυτό συνήθως επιφέρει μικρές βλάβες και σε φυσιολογικούς ιστούς. Η ροή αίματος στους όγκους είναι ανεπαρκής και αυτό συνεπάγεται συσσώρευση του γαλακτικού οξέος σε αυτούς και πτώση του pH.

Η εφαρμογή της υπερθερμίας στον καρκίνο περιλαμβάνει δυο προσεγγίσεις: α) θεραπεία σε θερμοκρασίες 42 – 45°C για μερικές ώρες, η οποία συνήθως απαιτεί συνδυασμό με ακτινοθεραπεία ή με χημειοθεραπεία και β) θερμική κατάλυση (thermoablation), η οποία έχει ως στόχο την εξόντωση όλων των καρκινικών κυττάρων με την εφαρμογή θερμοκρασιών άνω των 50°C. Η πρώτη μέθοδος είναι η προτιμητέα. Το ποσό της θερμότητας που θα προκύψει από την υπερθερμία εξαρτάται από τη φύση του μαγνητικού υλικού και τις άλλες παραμέτρους του μαγνητικού πεδίου.

Μαγνητικά νανοσωματίδια υπό ταλάντωση, τοποθετημένα σε βάθος γύρω από τον όγκο και μέσα στο μαγνητικό πεδίο θα θερμανθούν σε θερμοκρασία ανάλογη των μαγνητικών ιδιοτήτων των υλικού, τη δύναμη του μαγνητικού πεδίου, τη συχνότητα της ταλάντωσης και την ψυκτική ικανότητα της ροής του αίματος στην περιοχή του όγκου. Ο ανθρώπινος οργανισμός φυσιολογικά διατηρεί σταθερή τη θερμοκρασία του στους 37°C. Τα φυσιολογικά κύτταρα μπορούν να επιβιώσουν σε θερμοκρασίες ως 45°C διαθέτοντας ένα σύστημα μηχανισμών επιδιόρθωσης των βλαβών που προκαλούνται από την άνοδο της θερμοκρασίας. Για το λόγο αυτό προτιμάται η πρώτη μέθοδος.

Παρακάτω παρουσιάζεται μια κλινική διάταξη υπερθερμίας:



Ένας αριθμός νανοϋλικών, από τα πολύ γνωστά και μελετημένα οξειδία του σιδήρου μέχρι μεταλλικά νανοσωματίδια όπως Mn, Fe, Co, Ni, Zn, Gd, Mg και τα οξειδιά τους έχουν μελετηθεί ιδιαίτερα για πιθανή χρήση τους στην υπερθερμία. Τα  $Fe_3O_4$  έχουν μελετηθεί εκτενώς για τις δυνατότητες αξιοποίησής τους στα πλαίσια της μαγνητικής υπερθερμίας σε πλήθος εργασιών, έχουν δώσει πολλές εφαρμογές και σταθεροποιούνται από διάφορους προσδέτες (ligands). Επίσης, άλλη μια κατηγορία υλικών αποτελούν οι φερρίτες, όπως οι φερρίτες κοβαλτίου ( $CoFe_2O_4$ ), φερρίτες μαγνησίου ( $MnFe_2O_4$ ), νικελίου ( $NiFe_2O_4$ ), λιθίου ( $Li_{0.5}Fe_{2.5}O_4$ ) και κοβαλτίου – νικελίου ( $Co_xNi_{(1-x)}Fe_2O_4$ ). Υπάρχουν, επίσης, σιδηρομαγνητικά νανοσωματίδια, όπως σιδήρου, ντοπαρισμένα με χρυσό και οξειδία σιδήρου ντοπαρισμένα με Zn – Mn και με Mn – Zn – Gd ( $Mn_xZn_xGd_xFe_{(2-x)}O_4$ ).

Από τη βιβλιογραφική μας μελέτη θα μπορούσαμε να πούμε ότι τα ιδανικά MNPs θα πρέπει να είναι υπερπαραμαγνητικά, μονοδιάσπάρτα, να έχουν μεγάλη μαγνήτιση, μεγάλη επιδεκτικότητα, μικρό μέγεθος. Επίσης, η θερμοκρασία του περιβάλλοντος αποδεικνύεται ότι παίζει σημαντικό ρόλο στην κλίση της καμπύλης θέρμανσης, γεγονός που επηρεάζει το δείκτη SAR, ενώ φαίνεται ότι η τελική διαφορά θερμοκρασί-

ας στο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα μένει πρακτικά ανεπηρέαστη από την παρουσία του μαγνητικού πεδίου.

Ο δείκτης SAR χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του ρυθμού της ενέργειας που μπορεί να αποδώσει το νανοσωματίδιο στο περιβάλλον υλικό κατά την εφαρμογή του εναλλασσόμενου μαγνητικού πεδίου. Μονάδα μέτρησής του είναι το Watt/kg και ορίζεται ως

$$SAR = \frac{W}{m_{NPs}} = \frac{\Delta Q}{\Delta t m_{NPs}} = c \frac{m_f}{m_{NPs}} \frac{\Delta T}{\Delta t}$$

όπου c η ειδική θερμότητα,  $m_f$  η μάζα του διαλύματος,  $m_{NPs}$  η μάζα των νανοσωματιδίων,  $\Delta T/\Delta t$  η κλίση της καμπύλης της θερμοκρασίας ως προς το χρόνο.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το SAR και τη μέτρηση αυτού είναι: η συχνότητα του εφαρμοζόμενου μαγνητικού πεδίου (ανάλογος με το τετράγωνο της έντασής του), το μέγεθος και η διασπορά του μεγέθους των μαγνητικών νανοσωματιδίων, το ιξώδες του περιβάλλοντος μέσου, η μαγνητική ανισοτροπία και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος (επίδραση στην κλίση της καμπύλης θέρμανσης).

Ένα από τα προβλήματα που συναντώνται στο εργαστήριο είναι η θέρμανση του πηνίου που περιβάλλει το διάλυμα, οδηγώντας στη μη επιθυμητή αύξηση της θερμοκρασίας αυτού, με τρόπο που δεν μπορεί να υπολογιστεί, προκειμένου να καταφέρουμε να τον περιορίσουμε.

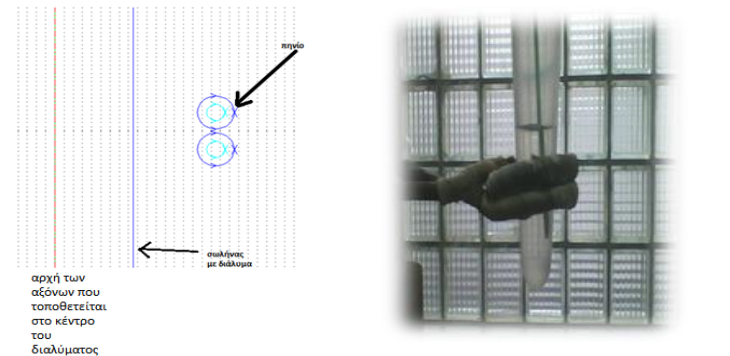
Η ανάγκη για την κατασκευή ενός υπολογιστικού μοντέλου προκύπτει από το ότι η μέτρηση του SAR είναι απαραίτητη για την ποσοτικοποίηση της απαγωγής ενέργειας από τα μαγνητικά νανοσωματίδια σε εναλλασσόμενα μαγνητικά πεδία. Επίσης, είναι σημαντικό να μελετηθούν τα εξής προκειμένου να γνωρίζουμε πόσο επηρεάζουν το τελικό διάλυμα:

- ✓ Όγκος του δείγματος
- ✓ Θερμικές ιδιότητες του δοκιμαστικού σωλήνα
- ✓ Θέρμανση του πηνίου
- ✓ Ανομοιομορφίες του μαγνητικού πεδίου λόγω της γεωμετρίας του πηνίου

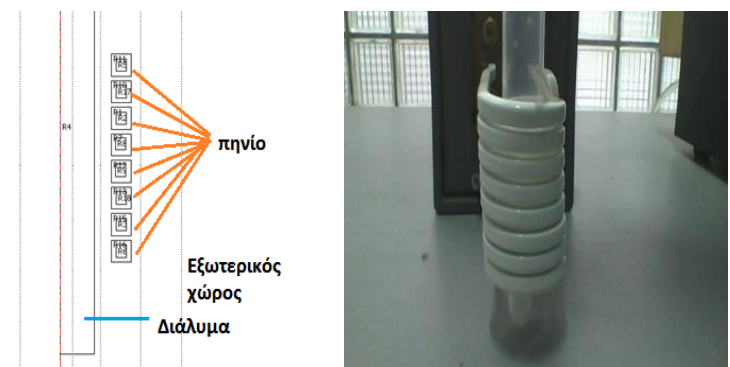
Σκοπός μας είναι να αξιολογήσουμε το ρόλο της θέρμανσης ή της ψύξης του πηνίου στη μεταβολή της θερμοκρασίας του διαλύματος προτού εισάγουμε τα νανοσωματίδια.

Για τη δημιουργία της αριθμητικής προσομοίωσης που θα υπολόγιζε αυτή την παράμετρο χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Comsol Multiphysics. Το πρόγραμμα δίνει τη δυνατότητα να σχεδιάσουμε το μοντέλο και να το υπολογίσουμε με τη βοήθεια εξισώσεων μερικών παραγώγων, δίνοντας λύση ταυτόχρονα σε περισσότερα από ένα προβλήματα.

Έτσι, λύνεται το ηλεκτρικό και το θερμικό πρόβλημα και υπολογίζεται αντίστοιχα η κατανομή του μαγνητικού πεδίου και της θερμοκρασίας στο χώρο του πηνίου και του διαλύματος. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε για τις δυο υπάρχουσες πειραματικές διατάξεις του εργαστηρίου, μία δύο κυκλικών σπειρών (SPG-06AB-III, 765kHz) και μία οκτώ τετραγωνικών σπειρών (EASY HEAT, 210 kHz), χωρίς να εισάγουμε νανοσωματίδια στο διάλυμα, παρά μόνο με τη φυσιολογική ροή νερού μέσα στο πηνίο.



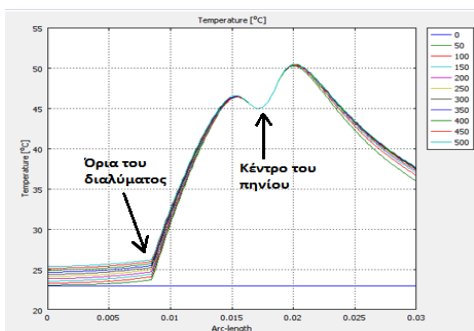
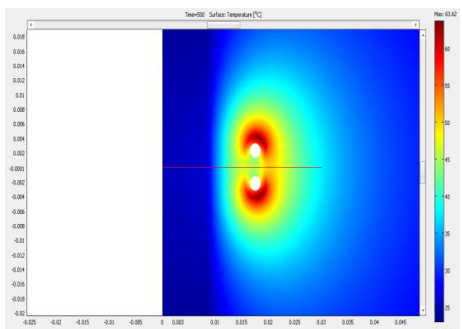
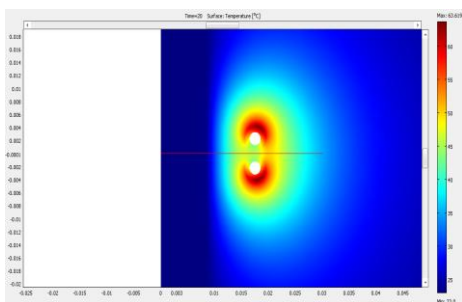
Διάταξη δύο κυκλικών σπειρών (SPG-06AB-III, 765kHz)



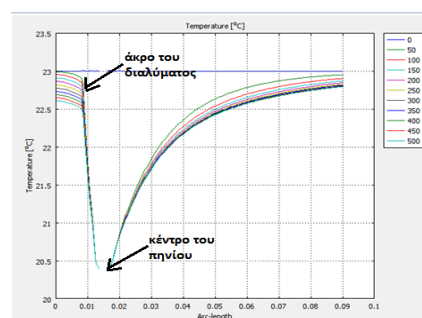
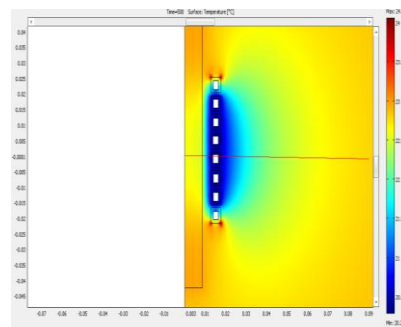
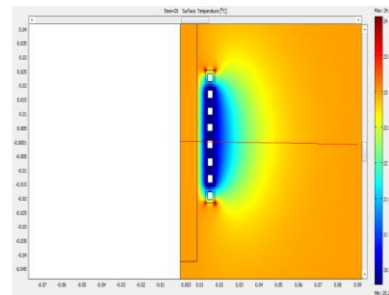
Διάταξη οκτώ τετραγωνικών σπειρών (EASY HEAT, 210 kHz)

Παρατηρήθηκαν τα φαινόμενα γεινίασης στο πηνίο, το επιδερμικό φαινόμενο, ενώ συγκρίθηκε η συμπεριφορά των δυο μοντέλων για διαφορετικές τιμές του συντελεστή μεταφοράς θερμότητας. Τα πειράματα έγιναν για θερμοκρασία νερού 20°C (περιπτώσεις διεξαγωγής πειραμάτων την άνοιξη και το καλοκαίρι) και για 13°C (περιπτώσεις φθινοπώρου – χειμώνα).

Για παράδειγμα, στα παρακάτω διαγράμματα παρατηρούμε το επιδερμικό φαινόμενο στο πηνίο δύο κυκλικών σπειρών για  $T_{\text{water}} = 20^\circ\text{C}$  και  $T_{\text{room}} = 23^\circ\text{C}$  και για συχνότητα  $f = 200 \text{ kHz}$ , με συντελεστή μεταφοράς θερμότητας  $100.000 \text{ W/m}^2\text{K}$  για το SPG-O6AB-III.



Αντίστοιχα, για το άλλο μοντέλο παρατηρούμε τα παρακάτω διαγράμματα για  $T_{\text{water}} = 20^\circ\text{C}$  και  $T_{\text{room}} = 23^\circ\text{C}$ , ρεύμα  $I = 500 \text{ kA}$  και για συχνότητα  $f = 210 \text{ kHz}$ , με συντελεστή μεταφοράς θερμότητας  $100.000 \text{ W/m}^2\text{K}$  για το Easy Heat:



Το χαρακτηριστικό του πηνίου αυτού είναι ότι θερμαίνεται στο κέντρο αλλά όχι στα άκρα.

Επίσης, σχεδιάστηκε ένα μοντέλο με δυο τετραγωνικές σπείρες και συγκρίθηκε με αυτό των κυκλικών σπειρών, για την ανάδειξη της συμβολής της γεωμετρίας στη διάταξη. Το αποτέλεσμα ήταν ότι και μόνο η γεωμετρία του πηνίου αρκεί για να οδηγήσει σε μικρότερη θέρμανση του διαλύματος. Συγκριτικά αποτελέσματα για τα δυο μοντέλα εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα:

$T_{\text{room}} = 23^\circ\text{C}$ $h = 100.000 \text{ W/m}^2\text{K}$			
<b>Τετράγωνες Σπείρες</b> <i>Easy Heat</i>			
$T_{\text{water}}$	Αύξηση θερμοκρασίας στα όρια του διαλύματος	$\theta_{\text{max}}$ στο πηνίο	$\theta_{\text{min}}$ στο πηνίο
23°C	< 1,00°C	27,66°C	23,00°C
20°C	~ 0°C	24,67°C	21,02°C
15°C	< - 1,00°C	20,00°C	16,02°C
<b>Κυκλικές Σπείρες</b> <i>SPG-O6AB-III</i>			
20°C	0,50°C	25,93°C	23,00°C
13°C	-1,00°C	20,00°C	16,08°C

Συνοψίζοντας, στην παρούσα εργασία αποδείχθηκε ότι λόγω του πηνίου υπάρχει γύρω στο 30% μη επιθυμητή αύξηση της θερμοκρασίας, επομένως η καλύτερη μόνωση της διάταξης είναι επιτακτική ανάγκη. Αποδείχθηκε, επίσης, ότι προτιμητέα διάταξη είναι αυτή με τις τετραγωνικές σπείρες, καθώς δημιουργεί μικρότερα σφάλματα στους υπολογισμούς, ενώ αναδείχθηκαν και οι ιδανικότερες συνθήκες διεξαγωγής των πειραμάτων, οι οποίες αφορούν στη δεύτερη συσκευή, καθώς η διακύμανση των θερμοκρασιών σε αυτή είναι κατά 0.5°C μικρότερη σε σχέση με την πρώτη (είτε για θέρμανση είτε για ψύξη). Επίσης, στη δεύτερη διάταξη η κατανομή του μαγνητικού πεδίου είναι περισσότερο ομοιόμορφη, γεγονός που θα οδη-

γήσει σε καλύτερη μεταφορά ενέργειας από το πεδίο στα νανοσωματίδια.

Στο μέλλον, με περαιτέρω μοντελοποίηση, χρησιμοποιώντας ως βάση, και με μικρές μόνο προσθήκες, το προτεινόμενο αριθμητικό μοντέλο, μπορούμε να υποδείξουμε το μέσο μέγεθος των νανοσωματιδίων που δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα. Ακόμη, προσομοιώνοντας το διάλυμα με μαγνητορευστό μπορούμε να μελετήσουμε τη συνεισφορά παραμέτρων όπως το ιξώδες και τη φυσική συναγωγή του διαλύτη.

Γκουτζαμάνης Αθανάσιος  
Απόφοιτος ΔΠΜΣ N&N

#### 4. Διατριβή: “Προσδιορισμός Κρυσταλλικών Δομών με Δεδομένα Περίθλασης ηλεκτρονίων & Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας Υψηλής Διακριτικής Ικανότητας”

*Η διατριβή που ακολουθεί με τίτλο “Προσδιορισμός κρυσταλλικών δομών με δεδομένα περίθλασης ηλεκτρονίων και ηλεκτρονικής μικροσκοπίας υψηλής διακριτικής ικανότητας” κινείται στον χώρο της ηλεκτρονικής τομογραφίας και της ηλεκτρονικής κρυσταλλογραφίας. Πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο ηλεκτρονικής μικροσκοπίας του τμήματος Φυσικής. Η διατριβή αυτή έγινε σε συνεργασία με το Εργαστήριο EMAT του πανεπιστημίου της Αμβέρσας στο Βέλγιο και το Institute für Physikalische Chemie του Πανεπιστημίου Johannes Gutenberg στο Mainz της Γερμανίας. Η ουσία εκπόνησης αυτής της διατριβής ήταν η επίλυση δομών με τη χρήση, για πρώτη φορά στην Ελλάδα, των τεχνικών μετάπτωσης της ηλεκτρονικής δέσμης (precession technique) και αυτοματοποιημένης ηλεκτρονικής τομογραφίας (ADT). Πρόκειται για ότι πιο σύγχρονο σε επίπεδο τεχνικών έχει να επιδείξει ο χώρος της ηλεκτρονικής μικροσκοπίας στις μέρες μας.*

#### Τεχνική μετάπτωσης της ηλεκτρονικής δέσμης

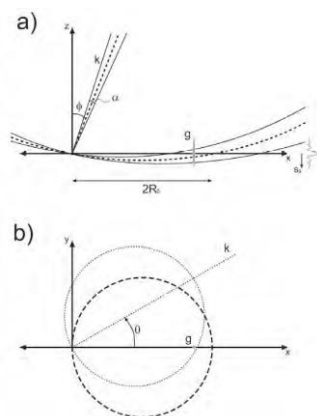
Εδώ και αρκετές δεκαετίες η επίλυση κρυσταλλικών δομών είναι ένα αρκετά ενδιαφέρον πεδίο στο χώρο της Φυσικής Στερεάς Κατάστασης. Στις μέρες μας, μέσα από την επανάσταση της Νανοτεχνολογίας η Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Διερχόμενης Δέσμης αποτελεί πλέον μια από τις σημαντικότερες τεχνικές χαρακτηρισμού δομών ειδικά στην περιοχή της νανοκλίμακας. Η δυναμική της οφείλεται στην ικανότητα λήψης τόσο εικόνων υψηλής διακριτικής ικανότητας, όσο και εικόνων περίθλασης, που δίνουν πολύτιμες πληροφορίες για τη μελέτη της μορφολογίας και των σφαλμάτων δομής των νάνο – δομών.

Ιστορικά, οι τεχνικές των ακτίνων-Χ κυριαρχούν στη δομική κρυσταλλογραφία. Η Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Διερχόμενης Δέσμης είχε πάντα συμπληρωματικό ρόλο στις τεχνικές των ακτίνων-Χ στην κρυσταλλογραφική μελέτη των υλικών, λόγω του φαινομένου της πολλαπλής σκέδασης που παρατηρείται στις εικόνες περίθλασης και έχει ως αποτέλεσμα τη λήψη δυναμικών εικόνων. Όμως, όπως όλες οι τεχνικές έτσι και οι

ακτίνες X έχουν κάποια όρια πέρα από τα οποία δε μπορούν να δουλέψουν. Είναι εμφανές το μειονέκτημά τους στον δομικό χαρακτηρισμό νάνο-υλικών.

Η λύση στο σοβαρό αυτό μειονέκτημα της χρήσης ηλεκτρονίων για τον δομικό χαρακτηρισμό υλικών δόθηκε το 1994 από τους ερευνητές Vincent και Midgley με την ανακάλυψη της τεχνικής μετάπτωσης της ηλεκτρονικής δέσμης. Το σημαντικό στοιχείο της τεχνικής αυτής είναι ότι η δέσμη των ηλεκτρονίων εισάγεται στο δείγμα εκτός οπτικού άξονα, με αποτέλεσμα να μειώνεται η δυναμική περίθλαση. Η δυναμική περίθλαση εμφανίζεται εντονότερη υπό συνθήκη Bragg.

Η μετάπτωση της ηλεκτρονικής δέσμης είναι αντίστοιχη της ταλάντωσης της σφαίρας του Ewald γύρω από νοητό σημειακό άξονα περιστροφής, που αντιστοιχεί σε ανάκλαση, λόγω σκέδασης, της μηδενικής τάξης ζώνης του Laue (ZOLZ).

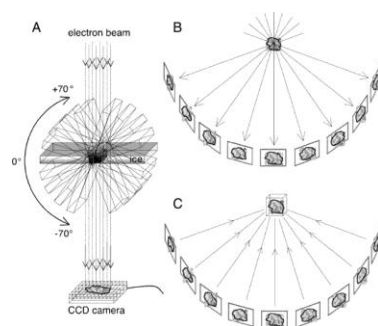


Σχήμα 1: Η διαμόρφωση της σφαίρας του Ewald στην περίπτωση της τεχνικής της ηλεκτρονικής μετάπτωσης. Η δέσμη περιστρέφεται περί του άξονα z. (α) Η γεωμετρία του αντιστρόφου χώρου στο x - z επίπεδο. (β) Η γεωμετρία του αντιστρόφου χώρου στο x - y επίπεδο. Η μηδενικής τάξης ζώνη του Laue (ZOLZ), που απεικονίζεται με έντονες διακεκομμένες γραμμές περιστρέφεται περί του άξονα z.

Στην πράξη, η δέσμη των ηλεκτρονίων, συνήθως, εμφανίζει μια πολύ μικρή γωνιακή σύγκλιση α και ορισμένες φορές οι μεταπτωτικές εικόνες περίθλασης λαμβάνονται χρησιμοποιώντας τη λειτουργία σύγκλισης της δέσμης, όπου η γωνία σύγκλισης α είναι συγκριτικά μεγάλη. Το δειγματοληπτικό εύρος κατά μήκος της διεύθυνσης z εξαρτάται από τη γωνία σύγκλισης α, όπως φαίνεται από την συνεχόμενη γραμμή στην εικόνα (α) του σχήματος 1.

## Ηλεκτρονική Τομογραφία

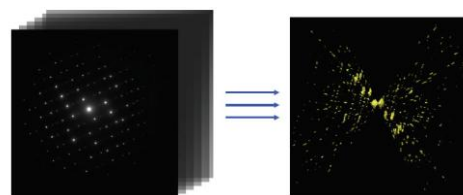
Στη συμβατική ηλεκτρονική μικροσκοπία γίνεται συλλογή των βασικών προσανατολισμών του εκάστοτε δείγματος, με αποτέλεσμα την ύπαρξη σχετικά μεγάλου χάσματος μεταξύ των διαδοχικών αξόνων ζώνης. Αντιθέτως, στην ηλεκτρονική τομογραφία ο κρύσταλλος περιστρέφεται γύρω από τυχαίο κρυσταλλογραφικό άξονα με σταθερό βήμα  $1^\circ$ . Οι εικόνες περίθλασης που λαμβάνονται είναι τυχαίες τομές του αντιστρόφου χώρου. Το γεγονός αυτό επιτρέπει τη συλλογή μεγάλου αριθμού ανακλάσεων του αντιστρόφου χώρου.



Εικόνα 2: Σχηματική αναπαράσταση του τρόπου λειτουργίας της ηλεκτρονικής τομογραφίας.

Οι εικονικές απεικονίσεις των τρισδιάστατων δεδομένων τομογραφίας είναι προβολές του αντιστρόφου χώρου, που δημιουργούνται από την επικάλυψη των ανακλάσεων. Αντιθέτως, στη συμβατική ηλεκτρονική μικροσκοπία οι προσανατολισμοί που συλλέγονται περιέχουν αποκλειστικά και μόνο τις ανακλάσεις των συγκεκριμένων αξόνων ζώνης.

Δεδομένου ότι μια ανάκλαση μπορεί να εμφανιστεί σε πάνω από μια τομή του αντιστρόφου χώρου, καθώς όπως ειπώθηκε και παραπάνω η στρέψη γίνεται με βήμα  $1^\circ$ , η μέγιστη τιμή της έντασής της παρατηρείται στην τομή που διέρχεται όσο το δυνατό πιο κοντά από το κέντρο της. Σε περιστροφή δείγματος κατά  $120^\circ (\pm 60^\circ)$  με ανάλυση  $0.8\text{\AA}$  λαμβάνονται συνήθως περίπου 9500 ανακλάσεις, δηλαδή πάνω από το 80% του αντιστρόφου χώρου.



Εικόνα 3: Ο τρισδιάστατος μετασχηματισμός των πειραματικών δεδομένων. (α) Τα ληφθέντα διδιάστατα (2D) δεδομένα. (β) Ο τρισδιάστατος αντιστροφος χώρος.

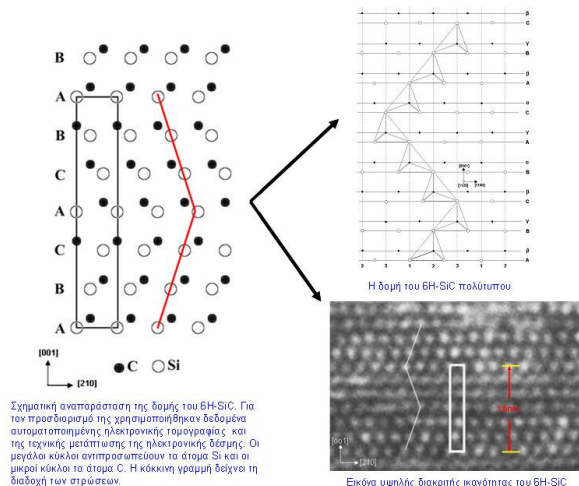


Ο προσδιορισμός των παραμέτρων της κυψελίδας του εκάστοτε υλικού γίνεται με τη χρήση αλγορίθμου που λαμβάνει υπόψη του τη διόρθωση του υποστρώματος, και τη διόρθωση των μικρό-μετατοπίσεων των εικόνων περίθλασης κατά την περιστροφή της γύρω από τον άξονα στροφής.

Η εύρεση των συντεταγμένων των ατομικών θέσεων στην ηλεκτρονική τομογραφία γίνεται με την χρήση των κρυσταλλογραφικών προγραμμάτων SIR2008, FOX.

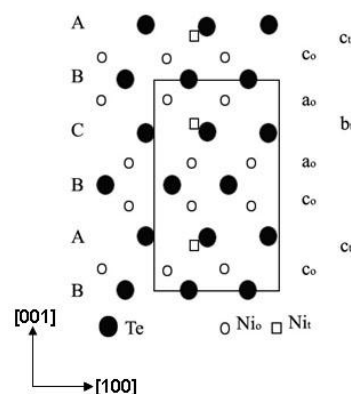
Οι δύο αυτές τεχνικές δομικού χαρακτηρισμού δηλαδή η μετάπτωση της ηλεκτρονικής δέσμης και η αυτοματοποιημένη ηλεκτρονική τομογραφία είναι που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διδακτορική διατριβή. Πιο συγκεκριμένα έγινε μελέτη των υλικών: ημιαγωγού 6H-SiC, του συστήματος Ni-Te και του Cu<sub>2</sub>Se.

Πιο αναλυτικά, μπορεί η δομή του ημιαγωγού 6H-SiC να είναι ευρέως γνωστή, όμως είναι η πρώτη φορά που μέσα από τη συνδυαστική χρήση ADT και μετάπτωσης της ηλεκτρονικής δέσμης κατέστη εφικτή η επιβεβαίωση δομής ημιαγωγού. Την ίδια στιγμή το σφάλμα απόκλισης (R=13.7%) είναι το χαμηλότερο, που έχει παρατηρηθεί μέχρι στιγμής κατά τη χρήση των τεχνικών αυτών.



Το σύστημα Ni-Te αποτελείται από δυο φάσεις τις -α και -β. Η φάση-β παρατηρήθηκε ότι εμφανίζεται σε νάνο-περιοχές μεγέθους 70nm. Με τη χρήση της ADT, σε συνδυασμό με την τεχνική μετάπτωσης της ηλεκτρονικής δέσμης, παρατηρήθηκε και επιβεβαιώθηκε ότι η κυρίαρχη φάση είναι η γνωστή NiTe με δο-

μή τύπου NiAs (φάση-α). Επίσης, βρέθηκε με EDX τεχνική ότι η στοιχειομετρία της δεύτερης φάσης (φάση-β) είναι Ni<sub>5</sub>Te<sub>4</sub> ενώ η ομάδα συμμετρίας της ότι είναι η Pm. Διαπιστώθηκε ακόμη ότι στη δομή της φάσης-β ευνοείται η κατάληψη των οκταεδρικών αρχικά θέσεων και ορισμένων τετραεδρικών στη συνέχεια. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μεικτής δομής όχι μόνο εξαιτίας της συμμετοχής δύο ειδών ατόμων (άτομα Ni και Te) αλλά και από την άποψη των πληρούμενων πολυέδρων (οκτάεδρα και τετράεδρα).



Σχήμα 4: Σχηματική αναπαράσταση της βέλτιστης λύσης της δομής του Ni<sub>5</sub>Te<sub>4</sub> (φάση - β) με τη χρήση του προγράμματος SIR2008

Το υλικό Cu<sub>2</sub>-δSe (0 ≤ δ ≤ 0.25) είναι ένα κράμα ιοντικού - ηλεκτρονικού αγωγού. Σε υψηλές θερμοκρασίες έχει μία κυβική δομή τύπου αντιφθορίτη (α-φάση) και θερμοκρασία δωματίου εμφανίζει κανονική υπερδομή γνωστή ως β-φάση. Στην παρούσα διδακτορική διατριβή έγινε προσπάθεια να διευκρινιστεί ποιες ακριβώς θέσεις καταλαμβάνονται στις μερικώς κατειλημμένες οκταεδρικές και τετραεδρικές στρώσεις. Η όλη μέθοδος ( α) χρήση film αντί για CCD κάμερα για τη λήψη των εικόνων περίθλασης και β) ο μεγάλος αριθμός ατόμων Cu και Se που υπήρχαν στην κυψελίδα και επηρέασαν την ομαλή λειτουργία των τα κρυσταλλογραφικών προγραμμάτων) λειτούργησε στα όριά της και δεν έδωσε αξιόπιστα αποτελέσματα.

Σαρακίνου Ελένη  
Dr ΔΠΜΣ N&N

## 5. Development of smart Machines, Tools and Processes for the precision synthesis of Nanomaterials with tailored properties for Organic Electronics (Smartonics)

Τα Οργανικά Ηλεκτρονικά (ΟΗ) είναι ένα ραγδαία αναπτυσσόμενο πεδίο της επιστήμης και της τεχνολογίας, το οποίο θα φέρει επανάσταση στην καθημερινή μας ζωή, και πιο συγκεκριμένα σε εφαρμογές που αφορούν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, στην απεικόνιση πληροφοριών, στον φωτισμό, στις ηλεκτρονικές συσκευές, κ.α.

Το Ευρωπαϊκό Ερευνητικό Πρόγραμμα SMARTONICS αποτελεί την αιχμή του δόρατος για την ανάπτυξη και την παραγωγή ΟΗ διατάξεων πάνω σε εύκαμπτα υποστρώματα. Το SMARTONICS είναι ένα Large Scale Integrating Project το οποίο χρηματοδοτείται από το 7<sup>ο</sup> Πρόγραμμα Πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, με συνολικό προϋπολογισμό 11.6 εκατ. ευρώ. Επιστημονικά υπεύθυνος του έργου είναι ο Καθ. Σ. Λογοθετίδης, Διευθυντής του Εργαστηρίου Λεπτών Υμενίων – Νανοσυστημάτων & Νανομετρολογίας (LTFN) του Τμήματος Φυσικής του ΑΠΘ. Η διάρκεια του έργου είναι 4 χρόνια, με ημερομηνία έναρξης την 1 Ιανουαρίου 2013.

Στόχος του SMARTONICS είναι η ανάπτυξη έξυπνων μηχανών, εργαλείων και διαδικασιών για τη σύνθεση και παραγωγή νανο-υλικών με επιθυμητές ιδιότητες για ΟΗ διατάξεις.

**Πιο συγκεκριμένα, οι επιστημονικοί στόχοι του έργου είναι οι εξής:**

α) Ανάπτυξη “έξυπνων” νανο-υλικών για ΟΗ διατάξεις (περιλαμβάνουν οργανικούς ημιαγωγούς πολυμερών και μικρών μορίων, πλασμονικά νανοσωματίδια, και υλικά υπερ-φραγμού), μέσω βελτιστοποίησης των διαδικασιών σύνθεσης σε συνδυασμό με διαδικασίες υπολογιστικής μοντελοποίησης

β) Ανάπτυξη “έξυπνων” τεχνολογιών, οι οποίες περιλαμβάνουν τις μηχανές roll-to-roll εκτύπωσης και Organic Vapour Phase Deposition (OVPD) που θα συνδυαστούν με προηγμένα συστήματα μέτρησης και συστήματα laser.

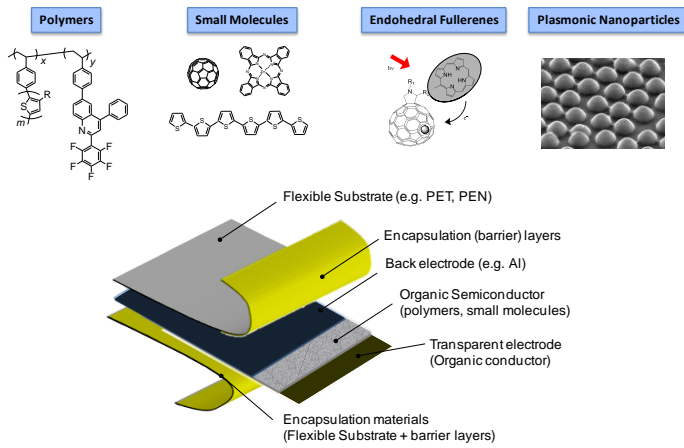
γ) Ολοκλήρωση των “έξυπνων” νανο-υλικών και τεχνολογιών σε πιλοτικές γραμμές για την παραγωγή ακριβείας των ΟΗ διατάξεων, οι οποίες περιλαμβάνουν οργανικά φωτοβολταϊκά πάνω σε σκληρά αλλά κυρίως σε εύκαμπτα υποστρώματα.

Τα παραπάνω έχουν ως στόχο την ανάπτυξη ΟΗ διατάξεων όπως Οργανικά Φωτοβολταϊκά που θα έχουν απόδοση >5% (με χρήση οργανικών ημιαγωγών μικρών μορίων) και >3.5% (με χρήση πολυμερικών οργανικών ημιαγωγών με διαδικασίες r2r). Επίσης, θα εγκατασταθούν στο ΑΠΘ δύο πιλοτικές γραμμές παραγωγής: μια πιλοτική γραμμή παραγωγής r2r η οποία θα επεκταθεί στα πλαίσια του έργου, και ένα πιλοτικό σύστημα OVPD για την ανάπτυξη ΟΗ διατάξεων με χρήση μικρών μορίων.

Οι συμμετέχοντες φορείς στο SMARTONICS είναι διεθνώς αναγνωρισμένοι για την αριστεία τους στους τομείς των ΟΗ, και περιλαμβάνουν μια συμπληρωματική και συνεκτική κοινοπραξία από 6 Πανεπιστήμια (Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης-συντονιστής, Πανεπιστήμιο Πατρών, University of Oxford, University of Surrey, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, University of Stuttgart), 3 Ερευνητικά Ινστιτούτα (CNRS, Fraunhofer Institute με τη συμμετοχή 4 Ινστιτούτων, Helmholtz Zentrum Berlin), και 8 εταιρίες (Aixtron, Oxford Lasers, CR Fiat, Organic Electronic Technologies, Coatema, Compucon, Horiba Jobin Yvon, Advent).

Η εναρκτήρια συνάντηση του έργου θα λάβει χώρα στην Θεσσαλονίκη στις 28 Ιανουαρίου 2013 με τη συμμετοχή όλων των φορέων καθώς και του αντιπροσώπου της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Περισσότερες πληροφορίες: <http://www.smartonics.eu>



Τυπική δομή ΟΗ διάταξης και οι κατηγορίες των υλικών που θα αναπτυχθούν

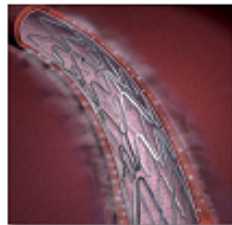


Εύκαμπτο οργανικό φωτοβολταϊκό που θα αναπτυχθεί στο SMARTONICS

Dr. Λασκαράκης Αργύριος  
Μεταδιδακτορικός Ερευνητής Τμήμα Φυσικής ΑΠΘ

## 6. “Νανοϊατρική για προηγμένα, Βιο-λειτουργικά/Μιμητικά υλικά για Καρδιαγγειακά Εμφυτεύματα (NanoCardio)”

Ο κύριος στόχος του έργου “NanoCardio” είναι η εφαρμογή της Νανοτεχνολογίας και Νανοϊατρικής στην αντιμετώπιση των βασικών προκλήσεων στη θεραπεία της αθηρωμάτωσης με την υπερνίκηση των περιορισμών των υπάρχοντων καρδιαγγειακών εμφυτευμάτων. Μία από τις βασικές μεθόδους αντιμετώπισης των αθηροσκληρυντικών



Εικόνα 1. Stent σε αγγείο

βλαβών στο αγγειακό τοίχωμα είναι η αγγειοπλαστική, μία από τις πιο ραγδαία εξελισσόμενες θεραπευτικές εφαρμογές στον τομέα της επεμβατικής καρδιολογίας.

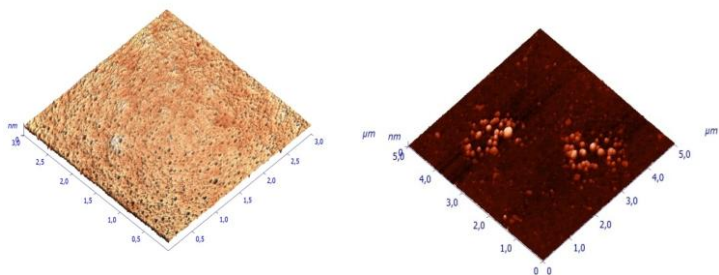
Μεταλλικά stents αλλά και stents που εκλύουν κυτταροστατικά φάρμακα (DES) αποτελούν τις βασικές εφαρμογές της αγγειοπλαστικής (Εικόνα 1). Τα DES δημιουργήθηκαν για να μειώσουν το φαινόμενο της επαναστένωσης και υπερπλασίας του έσω χιτώνα και τις επιπλοκές των μεταλλικών stents. Ωστόσο και αυτά από την μεριά τους μειονεκτούν σε ότι αφορά την

όψιμη θρόμβωση που προκαλείται κυρίως από την καθυστερημένη ενδοθηλιοποίησή τους.

Το “NanoCardio” έχει ως άξονα το σχεδιασμό και τη σύνθεση βιοενεργών νανοσυστημάτων που θα επάγουν την αναγεννητική ικανότητα των ιστών και θα απελευθερώνουν τοπικώς αντι-στενωτικά/αντι-θρομβωτικά φάρμακα με βαθμιαίο και ελεγχόμενο τρόπο. Τα νανοσυστήματα αυτά θα απαρτίζονται από: α) **νανοπορώδη υλικά** που θα έχουν στην επιφάνεια τους πρωτεϊνικούς παράγοντες που θα επάγουν την ενδοθηλιοποίηση με στόχο την ταχύτερη επούλωση του αγγειακού τραύματος που δημιουργείται με την εμφύτευση του stent, την καλύτερη αφομοίωση του stent από το αγγειακό τοίχωμα και την αποφυγή της δημιουργίας θρόμβου πάνω στην επιφάνειά του και β) **νανοφορείς φαρμάκων** (νανοσωματίδια από βιοαποικοδομήσιμα πολυμερή) που θα ακινητοποιούνται στην επιφάνεια των υλικών.

Στο “NanoCardio” θα συντεθούν έξυπνα βιοϋλικά με βελτιωμένες δομικές, φυσικές, μορφολογικές ιδιότητες που θα χαρακτηρίζονται από ποικιλομορφία νανοπόρων προσφέροντας βιομιμητικές επικαλύψεις για

stents, προσομοιώνοντας τη νανοδομημένη αρχιτεκτονική του αγγειακού ενδοθηλίου. Τα βιοαποικοδομήσιμα νανοσωματίδια που θα συντεθούν, θα μεταφέρουν και θα απελευθερώνουν φάρμακα με αντιστενωτικές/αντι-θρομβωτικές ιδιότητες τοπικώς στην περιοχή εμφύτευσης του stent. Στην Εικόνα 2 απεικονίζονται νανοπορώδες βιοαποικοδομήσιμο υλικό και βιοαποικοδομήσιμα νανοσωματίδια για ελεγχόμενη μεταφορά και έκλυση φαρμάκου.



**Εικόνα 2:** Τρισδιάστατη εικόνα α) νανοπορώδους βιοαποικοδομήσιμης πολυμερικής πλατφόρμας για μεταφορά φαρμάκων και β) βιοαποικοδομήσιμων νανοσωματίδιων, με τη χρήση Μικροσκοπίας Ατομικών Δυνάμεων ( LTFN πηγή).

Η μελέτη των αλληλεπιδράσεων που συμβαίνουν στη διεπιφάνεια μεταξύ πρωτεϊνών / κυττάρων και της επιφάνειας (βιολειτουργικής ή μη) του εν δυνάμει βιοϋλικού καθώς και των αιμοπεταλίων μεταξύ τους θα

επιτευχθεί με την εφαρμογή υψηλής ευαισθησίας οπτικών και τεχνικών Μικροσκοπίας. Η καλύτερη κατανοήση του τρόπου επίδρασης των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των υλικών στη βιοσυμβατότητά τους θα οδηγήσει στο σχεδιασμό και σύνθεση νανουμενίων με μειωμένη θρομβογονικότητα.

Θα ακολουθήσουν μελέτες της κινητικής απελευθέρωσης των φαρμάκων από τα νανοσωματίδια και τους νανοπόρους των νανοσυστημάτων για τον έλεγχο αποδέσμευσης των φαρμάκων σε συνάρτηση με τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες. Θα επιλεγθούν τα πιο προηγμένα νανοσυστήματα από πλευράς βιοσυμβατότητας και βιομιμητισμού, με ιδανικά χαρακτηριστικά νανοπόρων για να προάγουν την προσκόλληση των ενδοθηλιακών κυττάρων και τη βαθμιαία απελευθέρωση φαρμάκων που θα τοποθετηθούν σε μεταλλικό stent. Τελικός σκοπός είναι τα βιομιμητικά αυτά υλικά να χρησιμοποιηθούν ως επικαλύψεις ενδοαγγειακών προσθέσεων με στόχο την αποτροπή της οξείας και όψιμης θρόμβωσης αυτών.

Dr. Καραγκιοζάκη Βαρβάρα  
Μεταδιδακτορική Ερευνήτρια Τμήμα Φυσικής ΑΠΘ

## 7. Oscillatory Flow in Patient-Specific Arteries

**Dimitrios K. Fytanidis**, is with Fluid Mechanics Division, Faculty of Engineering, Democriton University of Thrace, 67100 Xanthi, Greece. (e-mail: [dfytanid@civil.duth.gr](mailto:dfytanid@civil.duth.gr)).

**Johannes V. Soulis**, is with Fluid Mechanics Division, Faculty of Engineering, Democriton University of Thrace, 67100 Xanthi, Greece. (e-mail: [soulis@civil.duth.gr](mailto:soulis@civil.duth.gr)).

**George D. Giannoglou**, is with 1st Cardiology Department, Cardiovascular Engineering and Atherosclerosis Laboratory, AHEPA General Hospital, Aristotelion University of Thessaloniki, Greece. (e-mail: [yan@med.auth.gr](mailto:yan@med.auth.gr)).

**Abstract** -Although genetic factors seem to be important, basic mechanisms related to arterial wall cell malfunction, which leads to atherosclerosis formation, depend on the blood flow properties. The present

study analyses the factors simulating pulsatile blood flow in the human arteries (aortic arch) using patient-specific geometry. Using numerical techniques, we examine the relation between time-Averaged Wall Shear Stress (AWSS), time-Averaged Wall Shear Stress Vector (AWSSV), Oscillatory Shear Index (OSI) and Relative Residence Time (RRT). The velocity vector oscillates and at the same time alters its direction in places with low AWSS values. Low AWSS and high OSI values do not always collocate. AWSSV tends to vary its values, compared to AWSS in regions where AWSS is low. RRT seems to present high values in areas with low AWSS. Regional differences between AWSS magnitude, OSI and RRT, may

answer the question as to where atherosclerotic lesions predominately develop and progress at specific aortic regions. This analysis gives information for deeper understanding of the atherosclerosis mechanisms.

**Key Words** Time-averaged Wall Shear Stress, Oscillatory Shear Index, Relative Residence Time, Patient-specific analysis

## I. INTRODUCTION

The blood flow properties, such as low/high Wall Shear Stress (WSS) and macromolecules transport through human arteries are shown to be important factors for endothelial dysfunction [1], [2]. Complex geometry and pulsating flow in the human aortic arch lead to different spatial and temporal changes in the WSS. The advances of computerized image processing technology and the improved resolution of medical imaging processes, forced researchers to use more realistic geometries. Thus, “patient-specific” geometry is used in several works; suggestively the works of [3], [4], [5]. A general fully computerized algorithm of 3D geometry reconstruction using CT or MRI images data for biomedical applications was published [6]. The importance of low WSS and high Oscillatory Shear Index (OSI) in atherosclerosis is reported in [7]. The regional differences of WSS and the OSI in the aortic arch was examined by flow sensitive 4D MRI, [8]. They report that these vessel wall parameters may help to explain where lesion develop and progress in the aorta. In the present study a semi-automatic computerized methodology was used in order to reproduce the 3D geometry of a healthy middle-aged male’s aortic arch and a computational model is applied in order to elucidate the relation between the two transient flow properties namely, the time-Average Wall Shear Stress (AWSS), the time-Averaged Wall Shear Stress Vector (AWSSV), the OSI and the Relative Residence Time (RRT).

## II. MATERIALS AND METHODS

**Geometry Reconstruction.** The commercial software Mimics is used in order to reconstruct the 3D

aortic arch geometry after 2D CT digital image processing, Fig 1. 2D images were imported in “dicom” format. The Mimics creates a 3D geometry file of the aortic arch. The initial coarse 3D geometry was exported in STL (stereolithography) format. Specification of well-defined boundaries is crucial in order to prepare geometry volume and surface data for grid generation. The final produced geometry is shown in Fig 2. The finally smoothed geometry was imported into the computational grid generator Gambit (Fluent Inc). The computational grid was non-uniform and highly dense near wall boundaries.

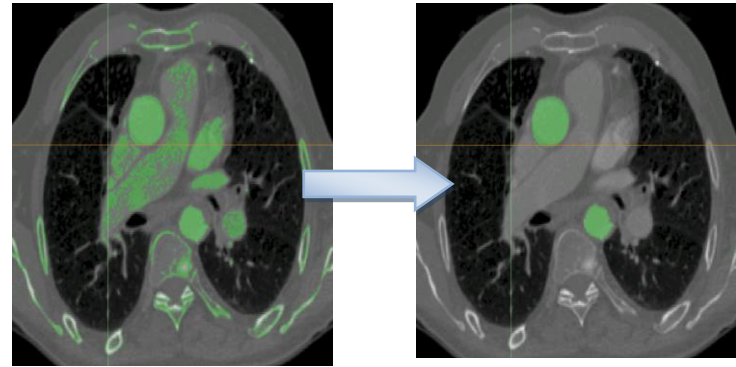


Fig.1 Typical 2D scanned image

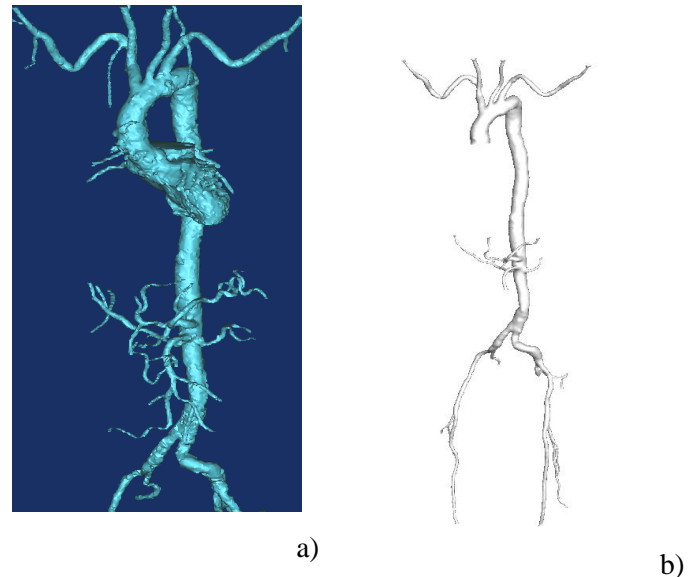


Fig. 2 a) Constructed patient-specific cardiovascular system, b) numerically tested geometry

**Flow Equations and Boundary Conditions.** The governing flow equations, Navier-Stokes, are solved for incompressible, isothermal and laminar flow, using the finite-volume method provided by commercial software [9]. Blood is treated as a non-Newtonian fluid obeying to the power law and its density is set  $1058 \text{ kg/m}^3$ . According to non-Newtonian power law,

blood apparent viscosity can be calculated

as,  $\mu = k e^{T_0/T} S^{n-1}$ ,  $\dot{S} = \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i}$ . The consistency

index  $k$  is 0.00622 (kg-sec<sup>n-2</sup>/m), the power-law index  $n$  is 0.7,  $T(K)$  and  $T_0(K)$  are local and reference temperatures, respectively. The applied velocity inlet pulse is shown in Fig. 3. The pulse period of this waveform is 800.0 msec. The outflow discharges were calculated using a slightly modified version of the Murray's Law [10] and are represented in Table I.

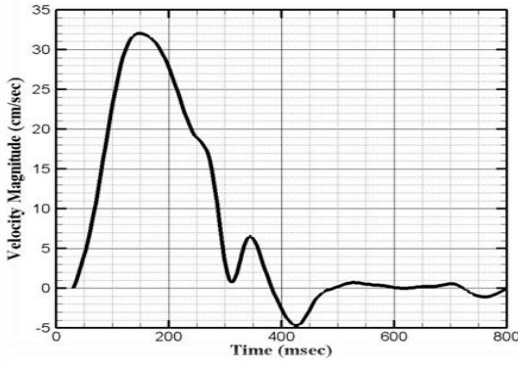


Fig. 3 The applied blood waveform at the inlet of the patient-specific aortic arch

TABLE I. Applied flow discharges of the patient specific aortic arch

	$Q_o$ [%]
Aortic arch inlet	100.0
Right common carotid artery outlet	3.71
Right subclavian artery outlet	14.92
Left common carotid artery outlet	3.22
Left subclavian artery outlet	6.67
Descending aorta outlet	71.48

**Wall Shear Stress and Oscillatory Shear Index.** The components of the WSS possibly have different effects upon endothelial cells. WSS diagonal components generate intercellular tension whereas the off-diagonal components contribute to intercellular shearing forces. Thus, the actual shear stress is,  $WSS = [\mu(\dot{S})]\dot{S}$ . The time-averaged WSS magnitude

(AWSS) is defined as,  $AWSS = \frac{1}{T} \int_0^T |\overline{WSS}| dt$ ,  $|\overline{WSS}|$  is

the instantaneous WSS (N/m<sup>2</sup>) magnitude and  $T$  (sec) is the pulse period. Another transient flow property, related with the wall, is the magnitude of time-

averaged WSS vector (AWSSV) defined as,

$AWSSV = \frac{1}{T} \left| \int_0^T \overline{WSS} dt \right|$ . OSI monitors the differences

between AWSS and AWSSV values. Using these values, OSI clarifies the WSS vector deflection from blood flow predominant direction, during cardiac cycle.

Thus, OSI is,  $OSI = 0.5 \times \left( 1 - \frac{\int_0^T \overline{WSS} dt}{\int_0^T |\overline{WSS}| dt} \right)$ . The OSI

value can vary from 0, for no-cyclic variation of WSS vector, to 0.5, for 180-degree deflection of WSS direction.

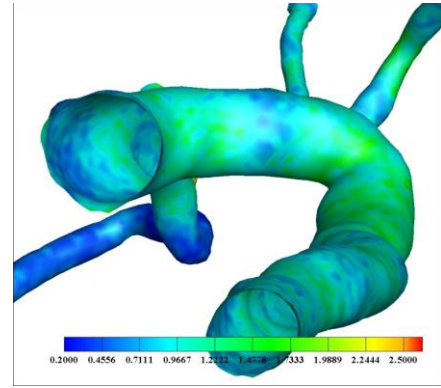


Fig. 4 AWSS (N/m<sup>2</sup>) of the patient-specific ascending-descending aortic arch

### III. RESULTS

**Average Wall Shear Stress (AWSS) and Average Wall Shear Stress Vector (AWSSV).** The AWSS (N/m<sup>2</sup>) contours of the aortic arch are shown in Figs. 4-6. The AWSS values in the main artery i.e. in the ascending aorta, aortic arch and descending aorta, vary between 0.2 N/m<sup>2</sup> and 3.5 N/m<sup>2</sup>. In the aortic branches higher values are encountered as a matter of higher strain, due to their decreased diameters (not shown). High AWSS is encountered at the convex parts of the curved flow regions. Low AWSS develops at the concave parts of the curved flow regions. Furthermore, the flow within the aortic branches is strongly dependent upon the geometry of the branch and its particular placement within the aorta. Thus, the right common carotid artery exhibits increased AWSS throughout the cardiac pulse. In contrast, the right subclavian branch exhibits particularly low AWSS. Always, low AWSS is major factor contrib

uting to the onset and development of atherosclerosis. Similarly to AWSS, AWSSV shows low values in the main aorta and higher values in its branches, Fig. 7. More specifically, AWSSV varies between 0.05 N/m<sup>2</sup> and 3.5 N/m<sup>2</sup> in the main artery whereas it is increased up to 5.0 N/m<sup>2</sup> (right common carotid artery) in the other branches.

**Oscillatory Shear Index (OSI).** The OSI reveals the WSS magnitude inversion during the cardiac pulse wave. The OSI contours of the aortic arch are shown in Figs. 8-10. The OSI values in the main artery i.e. in the ascending aorta, aortic arch and descending aorta, vary between 0.0 and 0.35. High OSI values are encountered at the lower part of the outer aorta descending region. Furthermore, high OSI values develop at the convex part of the ascending-descending aorta, Fig. 8. In the same region, the AWSS is low, Fig. 4. Low OSI develops at the upper concave part of the aorta descending region, Figs. 9 and 10. These regions show high AWSS, Figs. 5 and 6. The AWSS and OSI distribution over the extended aortic geometry, which includes the iliac, is shown in Fig. 11. Typical relationship between a) OSI and AWSS and b) OSI and AWSSV over the entire aortic surfaces is shown in Fig. 12 and Fig. 13, respectively. It is evident that increasing OSI values coexist with decreasing WSS. However, when the AWSS values are further reduced to zero the OSI values decrease as well. Moreover, OSI has higher values in regions where AWSSV magnitude is lower. AWSSV versus AWSS for the patient-specific aortic arch is shown in Fig. 14.

**Relative Residence Time (RRT)**

Flow pulsatility alone, a) gives rise to flow reversal and b) is insensitive to WSS magnitude. Low WSS is developed wherever the flow and the arterial geometry orders and this action may or may not be affected by the flow pulsatility. Furthermore, under the same waveform conditions at inlet, strongly oscillatory flows can exhibit the same OSI as very slow flows. Thus, the OSI misses information regarding the above flow conditions and needs modification in order to capture the atheromatic flow regions (i.e. low WSS and high

OSI at the same site) of the arterial system. To overcome the above difficulties the Relative Residence Time (RRT) is introduced [11] as,  $RRT \sim [(1 - 2.0 \times OSI) \times AWSS]^{-1}$ . The proportionality of the above equation is of relative importance since the results are presented as normalized ones. Thus, the OSI modifies the AWSS effects on the RRT at a given region of the endothelium. Henceforth, the RRT parameter includes the effects of both OSI and AWSS. A typical RRT contour of the aortic arch is shown in Figs. 15 whereas its relation with AWSS and AWSSV is shown in Fig. 16. RRT appears to be high in areas with low AWSS and low AWSSV.

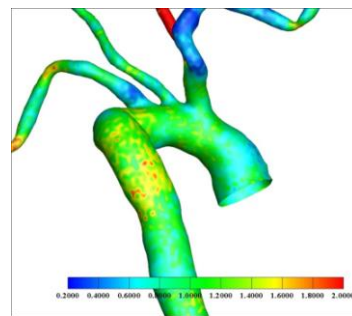


Fig. 5 AWSS (N/m<sup>2</sup>) of the patient-specific aortic arch

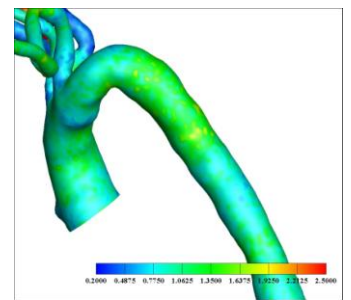
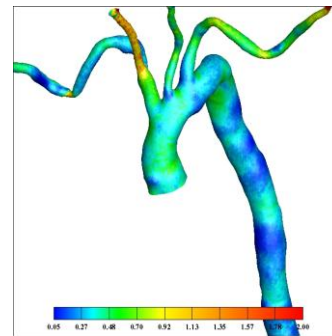
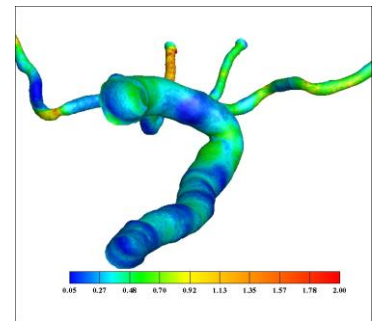


Fig. 6 AWSS (N/m<sup>2</sup>) of the patient-specific descending aorta



a)



b)

Fig. 7 AWSSV (N/m<sup>2</sup>) of the patient-specific a) ascending aorta b) aortic arch

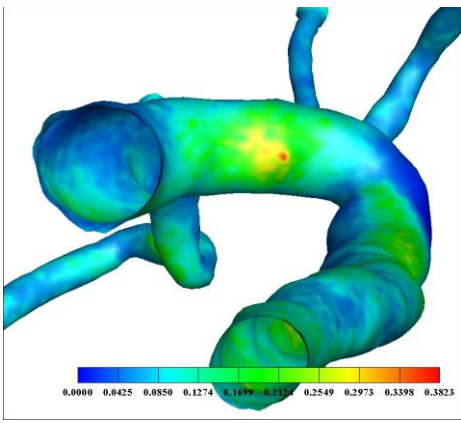


Fig. 8 OSI of the patient-specific ascending-descending aortic arch

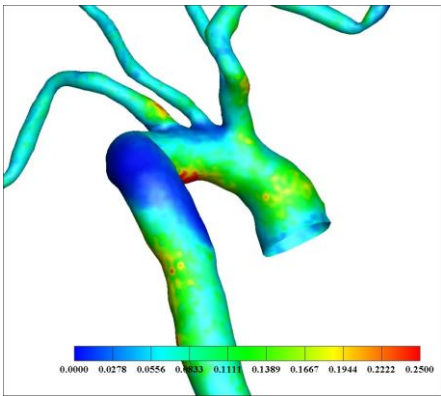


Fig. 9 OSI of the patient-specific aortic arch

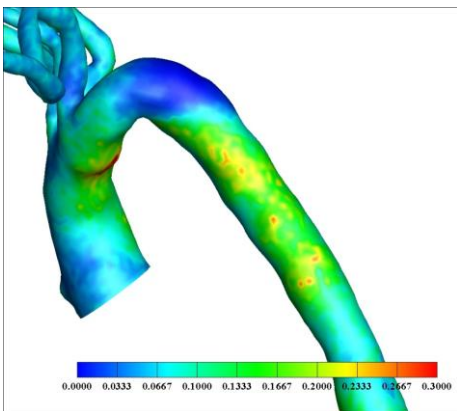
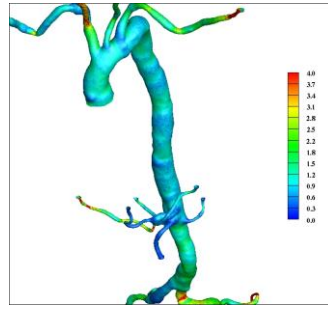
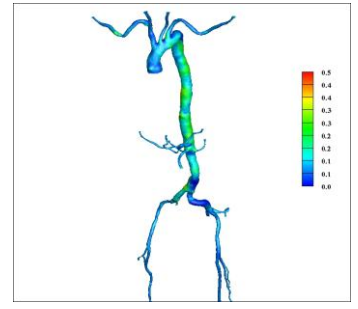


Fig. 10 OSI of the patient-specific descending aorta



a)



b)

Fig. 11 a)AWSS ( $N/m^2$ ) and b)OSI distribution over the extended patient-specific aorta geometry

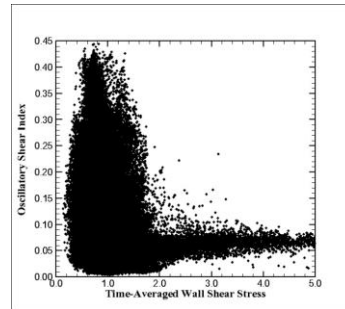


Fig. 12 OSI versus AWSS ( $N/m^2$ ) of the patient-specific aortic arch

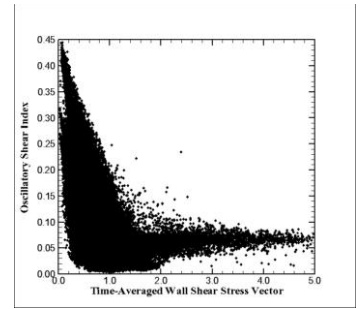


Fig. 13 OSI versus AWSSV ( $N/m^2$ ) of the patient-specific aortic arch

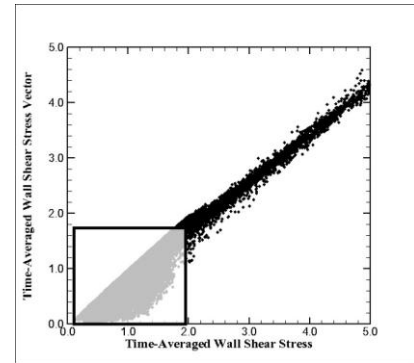
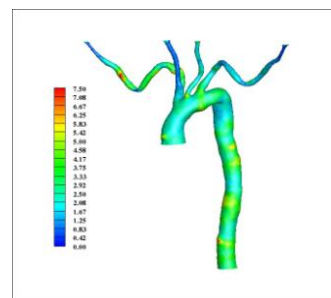
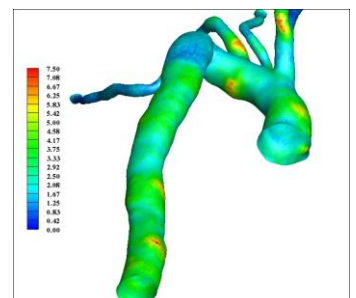


Fig. 14 AWSSV ( $N/m^2$ ) versus AWSS ( $N/m^2$ ) of the patient-specific aortic arch (with grey, the area with high Wall Shear Stress vector oscillation, AWSS less than  $2.0 N/m^2$ )



a)



b)

Fig. 15 RRT of the patient-specific a) aortic arch and b) ascending-descending aortic arch



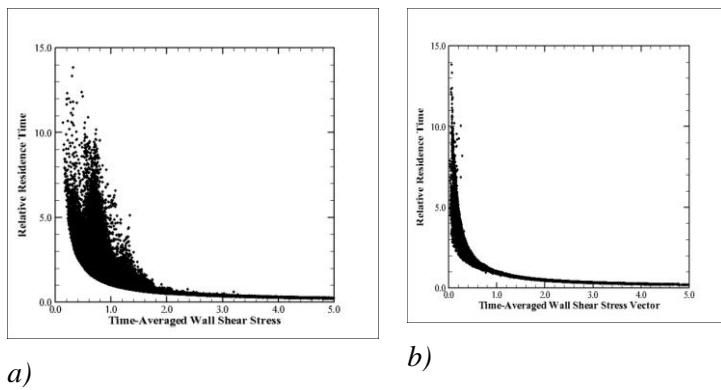


Fig. 16 a) RRT-versus AWSS ( $N/m^2$ ) b) RRT versus AWSSV ( $N/m^2$ ) of the patient-specific aortic arch

#### IV. DISCUSSION

The calculations of AWSS, AWSSV, OSI and RRT presented here provide valuable flow parameters for the description of the haemodynamics status within the aorta. The purpose of this study was to perform hemodynamic analysis of human arteries (patient-specific), particularly the aorta and to analyze the relationships between AWSS, AWSSV, OSI and RRT. Numerical results [12], among numerous others, suggest that low WSS and high OSI tend to cause wall thickening along the inferior wall of the healthy aorta and the anterior wall of the brachiocephalic artery. In general, low AWSS and high OSI are considered to be susceptible to intimal thickening. It is apparent from Fig. 12, that the lower the AWSS is, the higher the OSI. It is also well known that low WSS results into the development of atherosclerosis. However, when the AWSS values are further reduced to zero the OSI values decrease as well. In our analysis we present the AWSS contours with the OSI contours during the cardiac

pulse. Results indicate that aorta regions of high OSI do not always collocate with regions of low AWSS. Moreover, Fig. 13 shows that high OSI values, similarly with AWSS results, trend to locate in areas with low AWSSV magnitude. This relation clearly shows that high oscillation of wall shear stress vector occurs in low AWSSV regions. On the other hand, compared to AWSS, AWSSV values tend to vary more in areas with low AWSS (less than  $2.0 N/m^2$ ). Finally, Fig. 15

shows the presence of high RRT values in regions with low AWSS and low AWSSV.

#### CONCLUSION

The present study analyzes the factors simulating pulsatile blood flow in the human aortic arch. Using numerical techniques we examine the spatial distribution and the relation between time-AWSS, AWSSV, OSI and RRT. The lower the AWSS is, the higher the OSI values are. However, both flow parameters can elucidate the preferable atherosclerosis regions within the aorta. When the AWSS values are further reduced to zero the OSI values decrease as well. The velocity vector oscillates and at the same time alters its direction in places. Low AWSS and high OSI values do not always collocate. AWSSV represent higher oscillation (lower values compared with AWSS) in regions with low AWSS and high OSI. RRT shows high in areas where AWSS is low. Regional differences between WSS magnitude, OSI and RRT, may answer the question as to where atherosclerotic lesions predominately develop and progress at specific aortic regions.

#### References

- [1] C.R. Ethier, "Computational modeling of mass transfer and links to atherosclerosis", *Annals of Biomedical Engineering*, vol. 30, pp. 461–471, 2002.
- [2] J.V. Soulis, G.D. Giannoglou, V. Papaioannou, G.E. Parcharidis and G.E. Louridas, "Low-density lipoprotein concentration in the normal left coronary artery tree," *BioMedical Engineering on Line*, 2008.
- [3] J.A. Moore, D.A. Steinman, D.W. Holdsworth and C.R. Ethier, "Accuracy of computational hemodynamics in complex arterial geometries reconstructed from magnetic resonance imaging", *Annals of Biomedical Engineering*, vol. 27, pp. 32–41, 1999.
- [4] D.A. Steinman, "Image-based computational fluid dynamics modeling in realistic arterial geometries," *Annals of Biomedical Engineering*, vol. 30, pp. 483–497, 2002.
- [5] D.A. Steinman, J.S. Milner, C.J. Norley, S.P. Lownie and D.F.W. Holdsworth, "Image-based computational simulation of flow dynamics in a giant intracranial aneurysm," *Am. J. Neuroradiol.*, vol. 24, pp. 559–566, 2003.
- [6] C. Kleinstreuer, *Biofluid dynamics, Principles and selected applications*, Taylor & Francis, New York, 2006.
- [7] Y.S. Chatzizisis, M. Jonas, A.U. Coskun, R. Beigel, B.V. Stone, C. Maynard, R.G. Gerrity, W. Daley, C. Rogers, E.R. Edelman, C.L. Feldman, P.H. Stone, "Prediction of the localization of high-risk coronary atherosclerotic plaques on the basis of low endothelial shear stress: An intravascular ultrasound and histopathology natural history study". *Circulation*, vol. 26, 117(8), pp. 993-1002, *Epub Feb., 4 2008*.

- [8] A. Frydrychowicz, A.F. Stadler, M.F. Russe, J. Bock, S. Bauer, A. Harloff, A. Berger, M. Langer, J. Hennig, and M.J. Markl, [“Three-dimensional analysis of segmental wall shear stress in the aorta by flow-sensitive four-dimensional MRI.”](#) *Magn. Reson. Imaging*. Vol. 30(1), pp. 77-84, Jul., 2009.
- [9] ANSYS FLUENT 12.0 Documentation, <http://www.ansys.com>, 2009.
- [10] C.D. Murray, “The physiological principle of minimum work. I. The vascular system and the cost of blood volume,” *Proc. Natl. Acad. Sci.*, vol. 12, pp. 207-214, 1926.

- [11] H.A. Himburg, D.M. Grzybowski, A.L. Hazel, J.A. LaMack, M.H. Friedman, “Spatial comparison between wall shear stress measures and porcine arterial endothelial permeability,” *Am. J. Physiol.-Heart. Circ. Physiol.*, vol. 286, pp. 1916–1922, 2004.
- [12] C.Y. Wen, A.S Yang, L.Y. Tseng, J.W. Chai, [“Investigation of pulsatile flowfield in healthy thoracic aorta models”](#). *Ann. Biomed. Eng.* 2010, vol. 38(2), pp. 391-402, Feb., 2009.

## 8. Συνέντευξη του Καθ. Θ. Μητσιαδάδη, Διευθυντή του Ινστ. Στοματικής Βιολογίας, της Ιατρικής Σχολής του Παν. Ζυρίχης



*“Η επιστήμη και η γνώση είναι η ραχοκοκαλιά των πληθυσμών. Δεν είναι πολυτέλεια η έρευνα, αλλά βασικό αγαθό, όπως η τροφή που χρειαζόμαστε για να ζήσουμε.”*

### Πώς ξεκίνησε η πορεία σας;

Σπούδασα στην Οδοντιατρική Σχολή της Αθήνας. Συνέχισα στη Λυών της Γαλλίας, όπου έκανα δυο ειδικότητες στην Οδοντιατρική και μια τρίτη στην Κρανιοπροσωπική Χειρουργική. Παράλληλα, ανακάλυπτα την έρευνα κι αποφάσισα ότι ήθελα να κάνω ένα Διδακτορικό. Προκειμένου να κάνω Διδακτορικό στο θέμα που ήθελα, όμως, σύμφωνα με τους νόμους του γαλλικού κράτους, έπρεπε να έχω και το Δίπλωμα της Βιολογίας, το οποίο και απέκτησα στη Λυών. Έλαβα την υποτροφία του ΙΚΥ κι επέστρεψα στη Λυών όπου τελείωσα το Διδακτορικό μου με τίτλο: “Ο ρόλος του παράγοντα νευρικής ανάπτυξης (NGF; Nerve growth factor) στη διάπλαση των δοντιών”. Τότε, το θέμα του παράγοντα NGF είχε κάνει ιδιαίτερη αίσθηση, με την απονομή του Νόμπελ Ιατρικής το 1986 στην Ιταλίδα καθηγήτρια Rita Levi-Montalcini για το τεράστιο επιστημονικό έργο της σε αυτό.

Εκείνη την εποχή, γύρω στο 1991-1992, ξεκινούσε να αναπτύσσεται η Αναπτυξιακή και η Μοριακή Βιολογία. Έτσι, έφυγα με Ευρωπαϊκή Υποτροφία (ESF) στο Ελσίνκι της Φινλανδίας για μεταδιδακτορική περαιτέρω κατάρτιση, όπου έμεινα 2 χρόνια, προκειμένου να μάθω τη διάπλαση του δοντιού κατά την εμβρυογένεση σε ιστολογικό, κυτταρικό και μοριακό επίπεδο. Στη συνέχεια, το 1994, πήγα για το δεύτερο μεταδιδακτορικό στο Πανεπιστήμιο Nobel της Καρολίνσκα, στη Στοκχόλμη της Σουηδίας, όπου καθηγητής μου ήταν ο τώρα Πρόεδρος της επιτροπής απονομής των Νόμπελ, καθ. Urban Lendahl. Εκεί ασχολήθηκα με τη διαφοροποίηση των κυττάρων, σε διαγονιδιακά ποντίκια. Τότε, γνώρισα έναν πολύ γνωστό Έλληνα καθηγητή που ήτανε στο Yale, τον Σπύρο Αρταβάνη-Τσάκωνα. Μου πρότεινε να πάω στο Yale της Αμερικής για να συνεχίσω τη μεταδιδακτορική μου ενασχόληση. Όμως, η παραμονή μου στο Yale διακόπηκε απότομα μετά από 6 μήνες διαμονής, γιατί το 1996 μου έγινε πρόταση για θέση καθηγητή στο Ινστιτούτο

Αναπτυξιακής Βιολογίας στη Μασσαλία της Γαλλίας, την οποία δέχτηκα. Στο Πανεπιστήμιο της Μασσαλίας εκδήλωσαν ενδιαφέρον για την ανάπτυξη του τομέα της Οδοντιατρικής, όπου και μεταπήδησα. Έτσι, ξεκίνησα διάφορες συνεργασίες κι εστίασα σε γονίδια που όταν εκλείπουν ή υπόκεινται μεταλλάξεις οδηγούν στην απώλεια δοντιών. Εντοπίσαμε 3 τέτοια γονίδια, σε διαγονιδιακά ποντίκια, γεγονός πολύ σημαντικό για την εποχή, γιατί τότε δεν υπήρχαν ανάλογες πληροφορίες. Έτσι, αναπτύχθηκε ένα πολύ καλό εργαστήριο Μοριακής Βιολογίας για τη μελέτη των δοντιών, στο οποίο ήμουν υπεύθυνος. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τα πειράματα σε διαγονιδιακά ποντίκια βρίσκουν αντιστοιχία και στα ανθρώπινα δόντια.

Το 2000 μου έγινε πρόταση για τη θέση Αναπληρωτή Καθηγητή της Βιολογίας Στόματος στο Πανεπιστήμιο Αθηνών στην Οδοντιατρική Σχολή. Έμαθα ότι οι διαδικασίες για κάτι τέτοιο απαιτούν πολύ χρόνο γι' αυτό και αποφάσισα, μέχρι να ανοίξει η θέση στην Αθήνα, να ξεκινήσω νέες συνεργασίες. Έτσι, το 2003 πήγα στο Λονδίνο, στο Kings College, όπου και έγινα υπεύθυνος μιας ομάδας Γενετικής του Κρανίο - προσωπικού Συμπλέγματος και των δοντιών για 3 χρόνια. Ορκίστηκα στην Αθήνα το 2005, όμως, ύστερα από ένα χρόνο παραιτήθηκα από τη θέση μου για οικογενειακούς λόγους κι επειδή οι συνθήκες για την ανάπτυξη της έρευνας δεν ήταν ευνοϊκές.

Το 2006 ανέλαβα τη θέση του Καθηγητή και Διευθυντή του Ινστιτούτου Στοματικής Βιολογίας στην Ιατρική Σχολή της Ζυρίχης, στην Ελβετία. Η κύρια ενασχόλησή μας είναι η ανάπτυξη βλαστικών κυττάρων, δραστηριότητα που είχα ξεκινήσει στη Μασσαλία, από το 1998.

Πριν 3 χρόνια γνώρισα τον καθ. Σ. Λογοθετίδη σε μια διάλεξη στα Γιάννενα, όπου μέσα από την επαφή μας είδα τις τεράστιες δυνατότητες που υπάρχουν για την Αναγεννητική Ιατρική και Οδοντιατρική, εάν στα βλαστικά κύτταρα εφαρμοστεί η Νανοτεχνολογία. Από τότε ασχολούμαι ενεργά με τη Νανοτεχνολογία.

Υπάρχουν εφαρμογές, όχι ακόμη σε μεγάλη κλίμακα. Καίριο είναι ότι έχει αρχίσει να αλλάζει η νοοτροπία

των γιατρών και των επιστημόνων και στην Ελλάδα, όσον αφορά τη συνεργασία μεταξύ τους. Το γεγονός αυτό είναι αναγκαίο πλέον, με την κρίση που βιώνουμε, έτσι ώστε να επαναπροσδιοριστούμε.

### **Προσδιορίστε τι εννοείτε με την “αλλαγή νοοτροπίας”.**

Είναι απαραίτητο η οπτική στα θέματα να μην είναι μονομερής, να μην αντιμετωπίζονται δηλαδή, με βάση μόνο ένα πεδίο γνώσης. Για παράδειγμα, η Ιατρική εδώ και χρόνια ασχολείται με τα εμφυτεύματα, αλλά προσπαθεί να βελτιώσει σε αυτά μόνο τα υλικά, χωρίς να παίρνει υπόψη της τα κύτταρα, τον ζωντανό ιστό. Επίσης, στην περίπτωση της Νανοτεχνολογίας στην Οδοντιατρική, δεν πρέπει να ασχολούμαστε μόνο με την επιφάνεια του εμφυτεύματος και τις αλλαγές που μπορούν να γίνουν σε αυτή, αλλά και με άλλες κατευθύνσεις. Τέτοιες είναι: μικρές εγχύσεις από nanomaterials, η στοχευμένη πορεία των φαρμάκων προς έναν ιστό στα δόντια, σε περίπτωση φλεγμονής ή μόλυνσης από βακτηρίδια κ.α. Υπάρχουν πολλές δυνατότητες και αυτό χρειάζεται ο σύγχρονος οδοντίατρος να το αντιληφθεί. Όταν αλληλεπιδρούν άτομα με πολύ καλή κατάρτιση στον τομέα τους μπορεί να προκύψουν θαυμάσιες ιδέες που ο καθένας μόνος του δε θα φανταζότανε ποτέ. Χρειάζεται διαρκής επικοινωνία ανάμεσα στους επιστημονικούς κλάδους.

Με χαροποιεί ιδιαίτερα που βλέπω στο Συνέδριο της NANOTECHNOLOGY την ενασχόληση διαφόρων ειδικοτήτων με τη Νανοϊατρική.

### **Πώς βλέπετε τη δραστηριότητα των νέων;**

Τα νέα παιδιά παρατηρώ πως είναι πολύ ενθουσιώδη και πως υπάρχει η δυναμικότητα για δημιουργία και εξέλιξη στο χώρο. Δυστυχώς, με τις οικονομικές συγκυρίες στην Ελλάδα, και την Ευρώπη κατά ένα μικρότερο βαθμό, η επιστήμη δεν μπορεί να ακολουθήσει πιο γοργά βήματα. Νομίζω, όμως, ότι ο κόσμος πια σιγουρεύεται και η πολιτική αρχίζει να πείθεται πως δε γίνεται χωρίς την επιστήμη και την τεχνολογία.

## **Μέσα από την επιστήμη και την τεχνολογία “γίνε- ται” μόνο....**

Είναι σημαντικό να γίνει η συνειδητοποίηση, γιατί τότε βάζει κανείς όλες του τις δυνάμεις για να πετύχει το στόχο.

### **Στην Ευρώπη πώς αντιμετωπίζεται η ανάπτυξη της έρευνας;**

Στην Ευρώπη δίνεται μεγάλη σημασία σε αυτό τον τομέα. Για παράδειγμα, στη Γαλλία, ο Σαρκοζί είχε κάνει περικοπές σε διάφορες παροχές, όμως στην παιδεία και την έρευνα έδωσε 30 δις. για 5 χρόνια.

Η επιστήμη και η γνώση είναι η ραχοκοκαλιά των πληθυσμών. Δεν αποτελεί πολυτέλεια η έρευνα, αλλά βασικό αγαθό, όπως η τροφή που χρειαζόμαστε για να ζήσουμε. Με χαροποιεί που στη NANOTECHNOLOGY 2012 βλέπω πολύ κόσμο και νέα παιδιά να κινούνται προς αυτή την κατεύθυνση. Αυτό είναι ένα πολύ θετικό σημάδι. Δεν πρέπει να ποείται κανείς από τις αποφάσεις μερικών που είναι της αντίθετης κατεύθυνσης. Υπάρχουν άτομα τα οποία μπορεί να είναι μονάδες, όμως η θέληση, η αποφασιστικότητα και το κουράγιο οδηγούν σε αποτελέσματα, όπως η διοργάνωση στην οποία βρίσκομαι τώρα. Είμαι σίγουρος πως θα κερδίσουμε αυτό τον αγώνα ως έθνος, ως Ελλάδα.

### **Πώς σας φαίνεται συνολικά η διοργάνωση των Συνεδρίων;**

Μου αρέσει πολύ η διοργάνωση και βρίσκω εντυπωσιακό το πόσος κόσμος προσέρχεται. Δέχομαι προσκλήσεις από πολλά Συνέδρια Νανοτεχνολογίας τα οποία διεξάγονται σε διάφορες χώρες και παρατηρώ ότι στη NANOTECHNOLOGY υπάρχει προσέλευση και από μακρινές χώρες, όπως η Ιαπωνία, η Κίνα, γεγονός το οποίο δείχνει ότι το Συνέδριο είναι επιτυχημένο. Επιπλέον, υπάρχει πολύ έντονο το ελληνικό στοιχείο από έλληνες επιστήμονες του εξωτερικού.

### **Πείτε μου δυο λόγια σχετικά με την ενασχόλησή σας με τα Βλαστοκύτταρα.**

Χρησιμοποιούμε τα βλαστοκύτταρα ή το δόντι ως πηγή (toolbox) για τη διόρθωση όχι μόνο οδοντικών, αλλά και άλλων ιστών του προσώπου και του σώματος. Δηλαδή, από τα βλαστικά κύτταρα των δοντιών έχουμε δημιουργήσει τρίχες, σιελογόνους αδένες.

Για παράδειγμα, όσον αφορά τους σιελογόνους αδένες, σε διάφορα σύνδρομα (π.χ. σύνδρομο Sjögren) ή μετά από ακτινοβολίες μπορεί να δημιουργηθεί ξηροστομία. Έχουμε καταφέρει να διορθώσουμε κάτι τέτοιο με βλαστικά κύτταρα από το δόντι, όμως, τα αποτελέσματα δεν είναι ακόμη δημοσιευμένα. Επίσης, με τα βλαστικά κύτταρα έχουμε δημιουργήσει μαστίτη ιστό. Ενδέχεται άμα χρησιμοποιηθούν βλαστικά κύτταρα δοντιού, όπου δεν εμφανίζονται καρκινικές καταστάσεις, να προκύψει κάτι χρήσιμο όσον αφορά τη θεραπεία του καρκίνου του μαστού.

Όλα αυτά μέσω της Γενετικής, σε διαγονιδιακά ποντίκια. Εξάγουμε γονίδια από το ποντίκι και εξετάζουμε τι γενετικές ανωμαλίες προκύπτουν, εστιάζοντας στο πρόσωπο και τα δόντια. Έτσι, όταν εξετάζουμε έναν άνθρωπο με τη συγκεκριμένη ανωμαλία, παίρνουμε δείγμα αίματος και παρατηρούμε αν υπάρχει η συγκεκριμένη μετάλλαξη ή έλλειψη στο γονίδιο που είχαμε μελετήσει. Στη συνέχεια, γίνεται η προσπάθεια μέσω Γονιδιακής Θεραπείας να βελτιωθεί η κατάσταση του ασθενούς, όπου με τα βλαστικά κύτταρα και την υποστήριξη της Νανοτεχνολογίας προσφέρεται το κατάλληλο περιβάλλον για να δημιουργηθεί ο ιστός που είχε καταστραφεί ή που δεν υπήρχε.

Το πιο σημαντικό είναι να υπάρχει όρεξη, κι αυτό είναι χαρακτηριστικό του Έλληνα, να είναι σαν αιώνιος έφηβος. Θυμάμαι παρατηρούσα κάποτε μια παρέα ηλικιωμένων σε ένα καφενείο και κάποια στιγμή άκουσα κάποιον να λέει: “Παιδιά, εγώ πάω σπίτι”. Μόνο οι Έλληνες όσο χρονών και να είναι αποκαλούν τους γύρω τους “παιδιά”.

Φ. Λ.

Φοιτήτρια Φαρμακευτικής Σχολής ΑΠΘ

## 9. Συνέντευξη του Καθ. Θ. Καζίρα, από το Τμήμα Φυσικής του Πανεπιστημίου Harvard



*“Μέσα από τα Συνέδρια προβάλλεται η έντονη δραστηριότητα που υπάρχει στην πρωτοπορία της επιστήμης στην Ελλάδα.”*

*Ο κ. Καζίρας είναι Καθηγητής Βασικής και Εφαρμοσμένης Φυσικής στο Τμήμα Φυσικής, στη Σχολή Μηχανολογίας και Εφαρμοσμένων Επιστημών του Πανεπιστημίου Harvard.*

**Στο Harvard διευθύνετε μια ερευνητική ομάδα, η οποία ανήκει στον τομέα της Υπολογιστικής Φυσικής και της Επιστήμης Υλικών. Με τι ασχολείστε πιο συγκεκριμένα στην έρευνά σας;**

Ασχολούμαστε με την έρευνα σε διάφορα υλικά και τις ιδιότητές τους, οι οποίες εφαρμόζονται σε πληθώρα πεδίων, όπως τα φωτοβολταϊκά, η συλλογή ηλιακής ενέργειας, η αποθήκευση ενέργειας, οι μπαταρίες. Τα υλικά ενδιαφέροντός μας είναι τα Οργανικά Ηλεκτρονικά, ανόργανα υλικά και βιολογικά μόρια που βρίσκουν εφαρμογές στην τεχνολογία.

Η έρευνά μας είναι θεωρητική, δηλαδή μελετάμε από τις πρώτες αρχές τους τις ιδιότητες των υλικών ώστε να κατανοήσουμε πού οφείλονται, να τις εξηγήσουμε σε σχέση με τις παρατηρήσεις των πειραμάτων και να προβλέψουμε υλικά με βελτιωμένες ιδιότητες.

**Πείτε μου δυο λόγια για τις ομιλίες σας στα Συνέδρια ISFOE12 και NN12.**

Η ομιλία μου σήμερα στο ISFOE ήταν καθαρά για Οργανικά Φωτοβολταϊκά. Αύριο στο NN θα είναι πιο γενική, κυρίως για δισδιάστατα υλικά σε επίπεδα στρώματα, για το πώς μπορεί να εναποτεθεί το ένα πάνω στο άλλο και πώς από υλικά με διαφορετικές ιδιότητες μπορεί να προκύψει μια νέα, ενδιαφέρουσα ιδιότητα που δεν υπάρχει στο κάθε υλικό ξεχωριστά.

**Ποιο πεδίο, Οργανικά Ηλεκτρονικά ή Νανοτεχνολογία διακρίνετε να προχωράει πιο γρήγορα;**

Το κάθε πεδίο έχει τις δικές του προοπτικές. Στα Οργανικά Φωτοβολταϊκά είναι μεγάλη η έρευνα, γιατί υπάρχει το περιθώριο να αυξήσουμε τις αποδόσεις τους κι αυτό θα γίνει πιο εύκολα εφόσον κατανοήσουμε εντελώς πώς λειτουργούν στο μικροσκοπικό επίπεδο. Στόχος μας είναι να βελτιώσουμε τις επιδόσεις και τις ιδιότητες αυτών των υλικών και υπάρχει μεγάλη δυνατότητα να ευοδωθούν αυτές οι προσπάθειες σύντομα.

Όσον αφορά τα δισδιάστατα υλικά, υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον σε αυτό το πεδίο κυρίως μετά την ανακάλυψη του γραφενίου, το οποίο είναι δισδιάστατο. Τα τελευταία δυο χρόνια, μάλιστα, μελετάται η εναπόθεση υλικών στο γραφένιο. Το θέμα αυτό παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον από θεωρητική πλευρά, επειδή προσφέρεται για διάφορες παραλλαγές των δομών και πιθανούς συνδυασμούς που μπορεί να οδηγήσουν σε νέες ιδιότητες, παρ' όλο που δεν έχουν προκύψει συγκεκριμένες εφαρμογές ή συγκεκριμένοι τομείς στους οποίους να έχει ήδη εμφανιστεί κάτι καινούργιο.

**Εσείς από πότε ασχολείστε με αυτό το θέμα;**

Σχεδόν από όταν ανακαλύφθηκε το γραφένιο. Ήταν μεγάλο νέο στην επιστημονική κοινότητα και πολύς κόσμος έστρεψε την προσοχή του σε αυτό. Έτσι, έχουμε κι εμείς αρκετά χρόνια που δουλεύουμε σε αυτό, από θεωρητική σκοπιά πάντα.

**Πείτε μου δυο λόγια για το πώς βρεθήκατε στο Harvard και για τη θέση σας εκεί.**

Είχα πάει για σπουδές στην Αμερική, στο MIT. Έλαβα το πτυχίο Φυσικής και στη συνέχεια ολοκλήρωσα το Διδακτορικό μου στη Φυσική, οπότε και συνέχισα με μεταδιδακτορική έρευνα. Όταν προκηρύχθηκε μια θέση στο Harvard, έκανα αίτηση και έγινα δεκτός. Από τότε έχουν περάσει 21 χρόνια. Ξεκίνησα ως επίκουρος καθηγητής κι εξελίχθηκα. Από το 1998 είμαι τακτικός καθηγητής, έχω ερευνητική ομάδα και κάνω μάθημα σε προπτυχιακούς και μεταπτυχιακούς φοιτητές, σε διάφορα αντικείμενα, Φυσική, Μαθηματικά, Χημεία.

**Και Μαθηματικά...**

Μου αρέσανε πάντα τα Μαθηματικά και μου αρέσει να κάνω μάθημα στα Μαθηματικά. Έχει μεγάλο ενδιαφέρον.

**Θέλω να μου πείτε δυο λόγια για το Harvard.**

Το Harvard είναι ένα πολύ οργανωμένο Πανεπιστήμιο που λειτουργεί με υψηλά πρότυπα και του οποίου οι φοιτητές είναι πολύ υψηλού επιπέδου. Πιο συγκεκριμένα, οι φοιτητές είναι πάρα πολύ καλοί στις επιδόσεις τους και παράλληλα έχουν πολλά ενδιαφέροντα και ασχολίες.

**Δίνεται δηλαδή η δυνατότητα να ασχολούνται με διάφορα αντικείμενα;**

Βέβαια. Το Πρόγραμμα Σπουδών στην Αμερική είναι διαφορετικό από το αντίστοιχο της Ελλάδας. Για παράδειγμα, για το πτυχίο Φυσικής, το πρόγραμμα περιέχει 32 μαθήματα, σε 8 εξάμηνα. Από αυτά, τα 16 είναι σχετικά με τη Φυσική και τα υπόλοιπα είναι γενικής επιλογής (Αγγλική Φιλολογία, Θέατρο κ.α.). Αυτό είναι ένα από τα χαρακτηριστικά του Harvard, όπως και άλλων Πανεπιστημίων στην Αμερική και στόχος είναι να λαμβάνει ο φοιτητής ευρεία παιδεία.

**Η συνεργασία σας με το LTFN πώς προέκυψε;**

Ήμουνα για ένα διάστημα δυο χρόνων (2002-2004) καθηγητής στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, στο Τμήμα Υλικών, όπου και διετέλεσα Πρόεδρος του Τμήματος. Τότε, ξεκίνησα να έχω επαφές και με άλλες ερευνητικές ομάδες στον ελληνικό χώρο, οπότε και γνώρισα τον καθ. Σ. Λογοθετίδη με τον οποίο διατηρήσαμε επαφή λόγω κοινού επιστημονικού ενδιαφέροντος. Στο LTFN εργάζονται πάνω σε αντικείμενα παρεμφερή με αυτά με τα οποία ασχολούμαστε στην ομάδα μου.

**Έτσι, συμμετέχετε τα τελευταία χρόνια στα Διεθνή Συνέδρια στις Νανοτεχνολογίες και τα Οργανικά Ηλεκτρονικά, NN και ISFOE. Πώς σας φαίνονται; Υπάρχει εξέλιξη;**

Ναι υπάρχει μεγάλη εξέλιξη. Τα Συνέδρια παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον και η ποιότητα όπως και το μέγεθός τους ανεβαίνει σταθερά. Έρχονται νέοι άνθρωποι και πεπειραμένοι ερευνητές που δεν είχαν έρθει τα προηγούμενα χρόνια κι έτσι διευρύνεται η κοινότητα. Αυτό αποτελεί μεγάλη επιτυχία των διοργανωτών, όπως και πολύ σημαντικό γεγονός για τη χώρα, διότι έτσι προβάλλεται η έντονη επιστημονική δραστηριότητα που υπάρχει στην Ελλάδα.

Μπορεί τελικά το επιστημονικό έργο να κρίνεται στη βιβλιογραφία, αλλά είναι πολύ σημαντικό να έρχεται ο κόσμος στα Συνέδρια, να βλέπει από κοντά τις δραστηριότητες και να γνωρίζει τους ανθρώπους που ασχολούνται με αυτά τα ερευνητικά θέματα. Έτσι, γίνεται γνωστό ότι υπάρχει κίνηση στην πρωτοπορία της επιστήμης, και μάλιστα σε πολύ υψηλό επίπεδο, στα θέματα που καλύπτει το Συνέδριο. Μακάρι να υπάρξει και η ανάλογη στήριξη από την πολιτεία.

Φ. Λ.

Φοιτήτρια Φαρμακευτικής Σχολής ΑΠΘ