

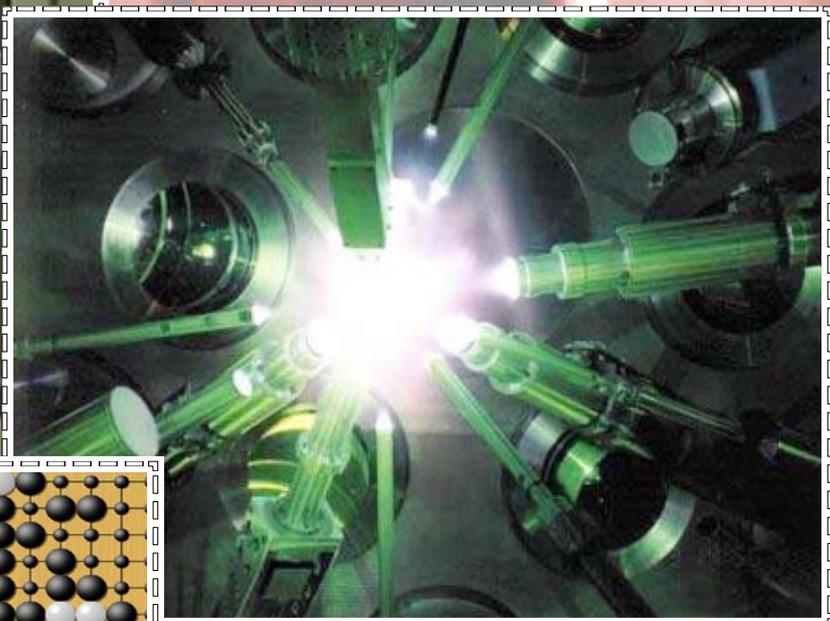
Περίοδος Δ' • Τεύχος 19 • Ιούλιος 2013

# αινόμενον:::

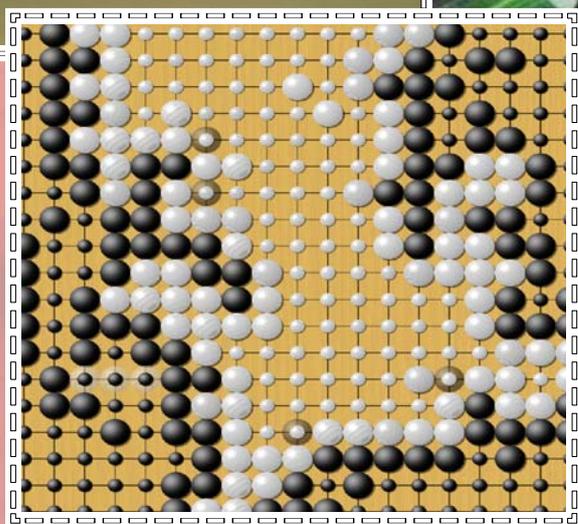
Το περιοδικό του Τμήματος Φυσικής του Α.Π.Θ.



**50** χρόνια  
του εργαστηρίου  
ηλεκτρονικής  
μικροσκοπίας

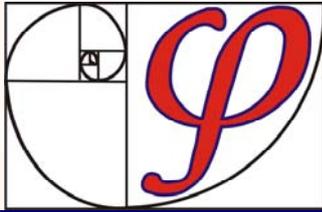


σύντηξη με laser



Go: το παιχνίδι  
στρατηγικής του σύμπαντος

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



## φαινόμενον::::

Περίοδος Δ' · Τεύχος 19  
Ιούλιος 2013

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

### συντακτική ομάδα

Χάρης Σκόκος, επικ. καθ.  
Μαρία Κατσικίνη, επικ. καθ.  
Γεώργιος Δημητράκοπουλος,  
επικ. καθ.  
Ιωσήφ Κιοσέογλου, επικ. καθ.  
Χαρίκλεια Μελέτη, επικ. καθ.  
Αναστάσιος Λιόλιος, αναπλ. καθ.  
Κων/νος Ευθυμιάδης, αναπλ. καθ.  
Ιωάννης Στούμπουλος, επικ. καθ.  
Δημήτριος Ευαγγελινός,  
υποψ. διδασκ.  
Στέφανος Μαύρος, φοιτητής  
Θεοδοσία Χαραλαμπίδου,  
φοιτήτρια  
Ολυμπία Δάρτση, φοιτήτρια  
Νικόλαος Χατζαράκης, φοιτητής  
Κων/νος Κατριοπλάς, φοιτητής  
Δημήτριος Χατζηπαναγιωτίδης,  
φοιτητής

### εκτύπωση

COPYCITY Ε.Π.Ε.

### ψηφιακή έκδοση

Το «Φαινόμενον» διατίθεται και σε ψηφιακή μορφή στην ιστοσελίδα:  
<http://phenomenon.physics.auth.gr>  
E-mail επικοινωνίας:  
[phenomenon@physics.auth.gr](mailto:phenomenon@physics.auth.gr)

## σημείωμα της σύνταξης

Το 2013 συμπληρώνονται 50 χρόνια από την ίδρυση του Εργαστηρίου Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας. Η ιστορία του μέχρι σήμερα παρουσιάζεται σε ένα άρθρο του Ομ. Καθ. Ι. Στοϊμένου. Το τεύχος αυτό περιλαμβάνει επίσης μια συνοπτική περιγραφή των προγραμμάτων που χρηματοδοτούνται από τον ΕΛΚΕ του ΑΠΘ στα πλαίσια ενίσχυσης της έρευνας, ένα άρθρο σχετικά με την παραγωγή ενέργειας μέσω πυρηνικής σύντηξης υποβοηθούμενης από laser, παρουσίαση του αρχαιότερου επιτραπέζιου παιχνιδιού, περιγραφή ενός νέου τηλεσκοπίου, ξενάγηση σε έναν επιταχυντή, νέα του τμήματος και συνέδρια - σεμινάρια που διοργανώθηκαν από μέλη ΔΕΠ του τμήματος.

Η ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

### περιεχόμενα

|   |    |
|---|----|
| ♦ Το νέο τηλεσκόπιο επισκόπησης της ESO               | 1  |
| ♦ Ξενάγηση στον επιταχυντή ELSA                       | 2  |
| ♦ Ερευνητική δραστηριότητα μελών ΔΕΠ                  | 3  |
| ♦ Σύντηξη με laser                                    | 8  |
| ♦ Συνέντευξη  | 13 |
| ♦ Συνέβησαν στο Τμήμα                                 | 15 |
| ♦ Συνέδρια & σεμινάρια                                | 17 |
| ♦ Ιωάννης Χατζηδημητρίου                              | 19 |
| ♦ Go: το παιχνίδι στρατηγικής του σύμπαντος           | 21 |
| ♦ 50 χρόνια του εργαστηρίου ηλεκτρονικής μικροσκοπίας | 25 |

### φωτογραφίες



Εξώφυλλο: (φόντο) νανοσύρματα GaN/InGaN, το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο Elmiskop I (Τεχνικό Μουσείο – Σίνδος), laser ignition (<http://www.geek.com>), Σελ. 7 (ESA)



### πνευματικά δικαιώματα

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

Δείτε αναλυτικά του όρους: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>

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



## ● VST: το νέο τηλεσκόπιο επισκόπησης της ESO



**Στέφανος Μαύρος**  
Φοιτητής Τμ. Φυσικής

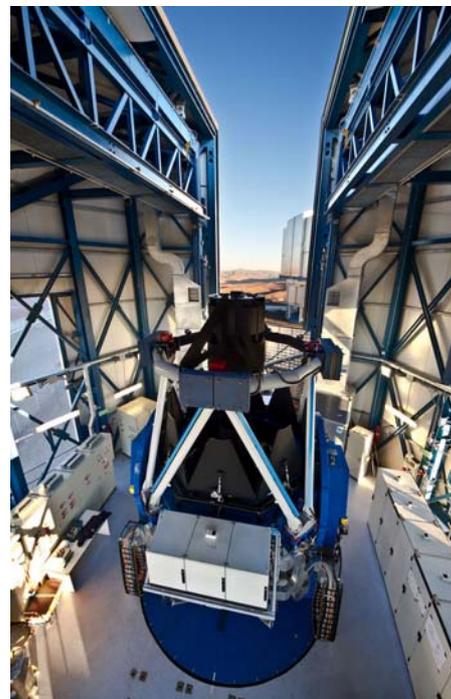
Το καλοκαίρι του 2012 προστέθηκε στην οικογένεια των τηλεσκοπίων του Ευρωπαϊκού Νότιου Παρατηρητηρίου (ESO) το τηλεσκόπιο VLT Survey Telescope ή VST. Το project προτάθηκε το 1997 και οι εργασίες ξεκίνησαν μόλις ένα χρόνο αργότερα με κύριο υπεύθυνο το ιταλικό Αστρονομικό Παρατηρητήριο Carpodimonte.

Οι ατυχίες κατά τη διάρκεια του προγράμματος δεν ήταν λίγες. Βάσει του αρχικού πλάνου το τηλεσκόπιο θα ήταν έτοιμο το 2005! Το 2002 το πρωτεύον κάτοπτρο καταστράφηκε κατά τη μεταφορά προς τη Χιλή, στο υψίπεδο Paranal όπου είναι εγκατεστημένα τα 4 τηλεσκόπια 8,2 μέτρων του γνωστού VLT (Very Large Telescope). Χρειάστηκαν 4 χρόνια για να κατασκευαστεί ξανά το κυρίως κάτοπτρο, ενώ το 2007 έγινε πλήρης επανασχεδιασμός του συστήματος συγκράτησης των οπτικών του τηλεσκοπίου και των επιμέρους συστημάτων. Οι αλλαγές οδήγησαν σε εξαιρετικής ποιότητας μηχανική υποδομή, που όπως αποδείχθηκε, ξεπερνάει τους στόχους του αρχικού σχεδιασμού. Όμως το 2009, κατά τη μεταφορά του μηχανικού συστήματος προς τη Χιλή, θαλασσινό νερό εισχώρησε στο κοντέινερ μεταφοράς και προξένησε σοβαρές ζημιές. Το

πρόγραμμα καθυστέρησε άλλον ένα χρόνο καθώς ήταν αναγκαία η αποστολή του συστήματος πίσω στην Ιταλία για επιδιόρθωση και ρυθμίσεις από την αρχή. Τελικά, στα τέλη του 2010, το τηλεσκόπιο συναρμολογήθηκε επιτυχώς και το Μάρτιο του 2011 τοποθετήθηκε η κάμερα του.

Το VST είναι ένα τηλεσκόπιο επισκόπησης με κυρίως κάτοπτρο διαμέτρου 2,61 μέτρων. Το κύριο χαρακτηριστικό αυτών των τηλεσκοπίων είναι το ευρύ πεδίο όρασης με το οποίο μπορούν να μελετήσουν μεγάλες περιοχές του ουρανού. Το VST έχει οπτικό πεδίο περίπου μια τετραγωνική μούρα και μπορεί να καταγράφει εικόνες στο υπεριώδες, το ορατό και το κοντινό υπέρυθρο. Πρόκειται για ένα τροποποιημένο τηλεσκόπιο Ritchey-Chretien με ένα κυρίως κάτοπτρο, δύο διορθωτικούς φακούς και το "παράθυρο" της κάμερας το οποίο είναι ένας σφαιρικός φακός. Όλο το σύστημα είναι τοποθετημένο σε μία αλταζιμουθιακή στήριξη και στεγάζεται δίπλα στο VLT, στο όρος Cerro Paranal της Χιλής.

Ένα από τα σημαντικότερα τμήματα του τηλεσκοπίου είναι η κάμερά του. Για να είναι δυνατή η λήψη εικόνων από τόσο μεγάλο πεδίο η κάμερα αποτελείται από 32 αισθητήρες CCD (charge-coupled device) που συνολικά έχουν ανάλυση 300 megapixel. Επίσης, η κάμερα έχει άλλους τέσσερις αισθητήρες, εκ των οποίων οι



*Αποψη του τηλεσκοπίου μέσα από το θόλο στον οποίο στεγάζεται.*

δύο πρώτοι χρησιμοποιούνται για την εστίαση και οι άλλοι δύο για το σύστημα του αστροστάτη.

Στο μέλλον το VST θα χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη της δομής του Γαλαξία, supernova, γειτονικών γαλαξιακών σμηνών, ελλειπτικών γαλαξιών κ.ά., πολλές φορές σε συνεργασία με τα τηλεσκόπια VLT και VISTA.

### ΠΗΓΕΣ:

- [1] "The VLT Survey Telescope Opens to the Sky: History of a Commissioning", M. Capaccioli, P. Schipani, The Messenger no.146, [www.eso.org](http://www.eso.org)
- [2] "OmegaCAM: ESO's Newest Imager", K. Kuijken, The Messenger no.146, [www.eso.org](http://www.eso.org)
- [3] Φωτογραφία: European Southern Observatory <http://www.eso.org/public/images/archive/category/surveytelescopes/>

● **One ring to rule them all...**

Ξεναγηση στον επιταχυντή ELSA στη Βόννη.



**Δάφνη Παρλιάση**  
Φοιτήτρια Τμ. Φυσικής

Περπατώντας στο κρύο ψιλόβροχο της Βόννης μια Πέμπτη απόγευμα, προσπαθούσα να ξεχάσω το γεγονός ότι οι φίλοι μου βρίσκονταν ήδη στην μπυραρία που είχαμε κάνει στέκι τους τελευταίους μήνες κι είχαν αρχίσει να διασκεδάζουν, ενώ εγώ δεν είχα τελειώσει ακόμα με τις υποχρεώσεις της μέρας. Δεν είχα και την καλύτερη διάθεση λοιπόν, όταν ο καθηγητής του μαθήματος Accelerator Physics, Dr. Wolfgang Hillert, μας υποδέχτηκε στην αίθουσα διαλέξεων και μας οδήγησε στην είσοδο των εγκαταστάσεων του πανεπιστημιακού επιταχυντή. Περάσαμε την πόρτα με το κλασικό σήμα "Attention! Nuclear Danger" και ξεκινήσαμε το ταξίδι μας στο καμάρι του τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου της Βόννης, τον επιταχυντή ELSA (Elektronen-Stretcher Anlage), που χρησιμοποιείται για πειράματα φυσικής αδρονίων.

Αυτό που αντικρίσαμε ήταν ένα τεράστιο, κρύο δωμάτιο με σιδερένιες σκάλες γύρω-γύρω στους τοίχους, εκτυφλωτικό φωτισμό και εκκωφαντικό θόρυβο. Κοιτώντας πιο χαμηλά, αντικρίσαμε το Booster Synchrotron του επιταχυντή και νιώσαμε σαν την Αλίκη στη Χώρα των Θαυμάτων: ο δακτύλιος ήταν τεράστιος κι έμοιαζε βγαλμένος από ταινία επιστη-

μονικής φαντασίας. Ο ELSA αποτελείται από 3 τμήματα: τον injector LINAC, σύστημα γραμμικών επιταχυντών για την αρχική επιτάχυνση της δέσμης, το Booster Synchrotron, το μικρό κυκλικό επιταχυντή που επιταχύνει περαιτέρω τα σωματίδια, και το Stretcher Ring όπου παράγεται η τελική, πολωμένη ή μη πολωμένη, δέσμη ηλεκτρονίων με ενέργεια έως 3.5 GeV. Στο τμήμα της εγκατάστασης όπου πραγματοποιούνται τα πειράματα, παρέχεται δέσμη ηλεκτρονίων έντασης ρεύματος μερικών nA.

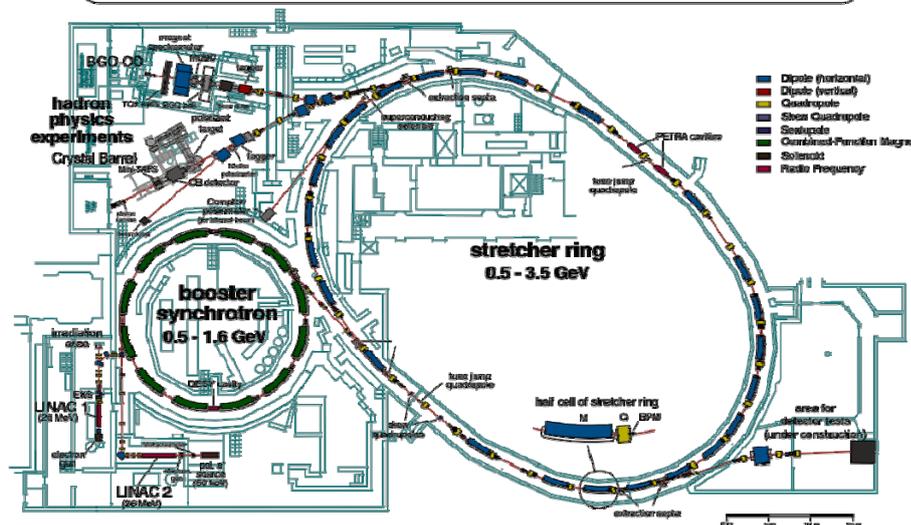
Η κατασκευή του επιταχυντή ξεκίνησε το 1983 και η πρώτη δέσμη ηλεκτρονίων παρήχθη το 1988. Το κόστος έφτασε στα 18.6 εκ. μάρκα και κάθε χρόνο η συσκευή λειτουργεί ως και 5000 ώρες. Τα επιταχυνόμενα σωματίδια είναι ηλεκτρόνια ενέργειας 0.5-3.5 GeV, τα οποία εγχέονται στο booster synchrotron μέσω δύο γραμμικών επιταχυντών (injector sys-

tem) με ενέργειες 20 και 26 MeV. Το booster είναι κυκλικό cyclotron συχνότητας 50 Hz και δέχεται ηλεκτρόνια κάθε 0.45 sec. Η διάταξη που σχηματίζουν οι μαγνήτες εστίασης είναι η FODO: αλληπάλληλοι μαγνήτες εστίασης και αφεστίασης που συνολικά πετυχαίνουν, με 24 δίπολα και 32 τετράπολα, να εστιάζουν τη δέσμη ηλεκτρονίων.

Στους κυκλικούς επιταχυντές η δέσμη των σωματιδίων επιταχύνεται χρησιμοποιώντας σύστημα κοιλοτήτων ραδιοσυχνότητας (RF cavities) που κάνουν τη δέσμη να σχηματίζει δεσμίδες (το λεγόμενο bunching). Στον ELSA υπάρχουν 2 τέτοιες κοιλοότητες. Το κενό στην κοιλοότητα απουσία δέσμης διατηρείται στα  $5 \times 10^{-9}$  mbar.

Τα πειράματα στα οποία χρησιμοποιείται ο ELSA είναι δύο: αυτά που σχετίζονται με πολωμένη δέσμη ηλεκτρονίων και κυρίως αυτά που βασίζο-

**Electron Stretcher Accelerator (ELSA)**



Η εγκατάσταση ELSA

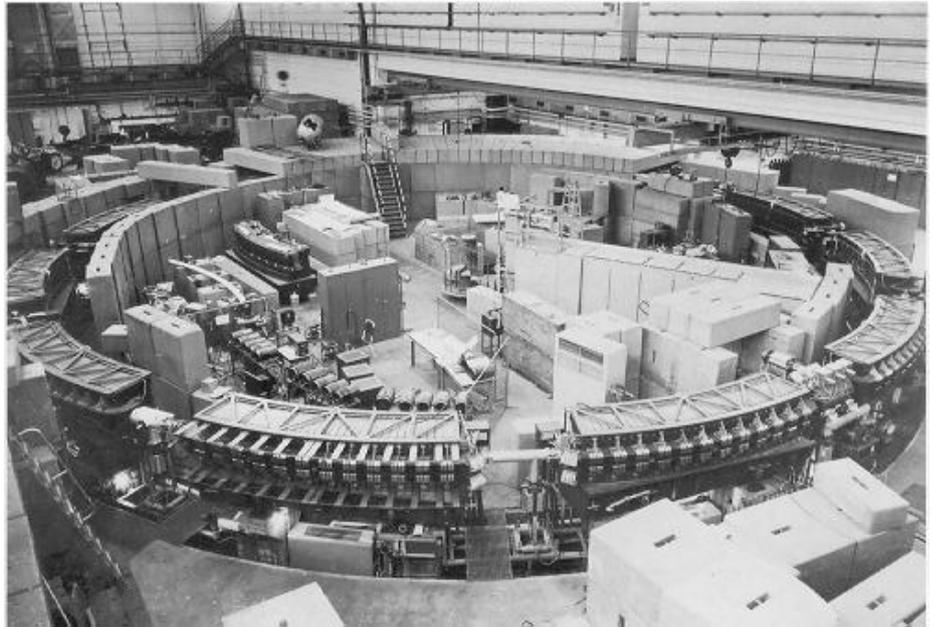
νται στη φυσική των αδρονίων, που άλλωστε είναι και η ειδικευση αυτού του επιταχυντή. Αντίστοιχα λοιπόν έχουμε το πείραμα «Polarized Target Bonn» το οποίο μελετά μεταβλητές που εξαρτώνται από το σπιν στη σωματιδιακή Φυσική. Από την άλλη έχουμε τα πειράματα «Crystal Barrel and TAPS», μια διαπανεπιστημιακή συνεργασία που μελετάει την παραγωγή φωτονίων από συντονισμούς μεσονίων, ξεκίνησε το φθινόπωρο του 1999 και συνεχίζεται μέχρι σήμερα. Αυτό το πείραμα θα βοηθήσει στην κατανόηση της κβαντικής χρωμοδυναμικής σε χαμηλές ενέργειες. Τέλος, το πείραμα «BGO-OD» ασχολείται με την ανίχνευση ευθέως κινούμενων φορτισμένων σωματιδίων σε υψηλή ανάλυση, όπου συνεργάζονται πανεπιστήμια της Γερμανίας, της Ουκρανίας, της Ρωσίας και της Ιταλίας.

Λίγο πριν το τέλος, ο καθηγητής Hillert μας ενημέρωσε

ότι υπάρχει η δυνατότητα εκπόνησης διδακτορικού πάνω στον ELSA αλλά και η πραγματοποίηση πρακτικής άσκησης από προπτυχιακούς φοιτητές.

Μετά από 2 ώρες ξενάγηση, μπορώ να πω ότι η μπυραρία και οι φίλοι μου είχαν ξεχαστεί, κι αυτό που μου έμεινε

ήταν η εντονότατη εντύπωση που μου έκανε η πολυπλοκότητα μιας συσκευής τέτοιου μεγέθους. Με αυτές τις επιστημονικές σκέψεις στο μυαλό, έστριψα στην Endenicher Straße και έσπρωξα την πόρτα της μπυραρίας για μια Weißbier...



To Booster Synchrotron



## Ερευνητική δραστηριότητα μελών του Τμήματος

Μέλη ΔΕΠ του Τμήματος επιλέγησαν από την Επιτροπή Ερευνών (ΕΛΚΕ) στα πλαίσια της ενίσχυσης της Ερευνητικής Δραστηριότητας στο Α.Π.Θ. - 2012 στις παρακάτω κατηγορίες.

### • Ενίσχυση νέων ερευνητών στη βαθμίδα του Επίκουρου Καθηγητή.



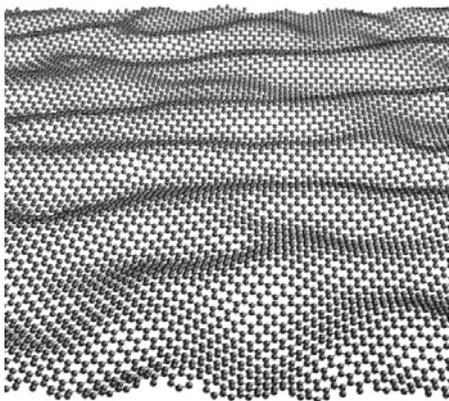
Ιωάννης  
Αρβανιτίδης

Μελέτη με φασματοσκοπία Raman της επίδρασης διαλυτών στις ηλεκτρονικές και δομικές

ιδιότητες γραφενίου ανεπτυγμένου σε μεταλλικά υποστρώματα.

Το ερευνητικό έργο αποσκοπεί στη μελέτη της επίδρασης διαφορετικών πολικών και μη πολικών διαλυτών στις ηλεκτρονικές και δομικές ιδιότητες μονοστρωματικών υμενίων γραφενίου (μεμονωμένα γραφίτικά επίπεδα) ανεπτυγμένων με χημική εναπόθεση ατμών (CVD) πάνω σε μεταλλικά υποστρώματα χαλκού ή νικελίου με διαφορετικά ηλεκτρονικά χαρακτηριστικά (συγκέντρωση φορέων, ευκινησία) με τη χρήση της οπτικής τεχνικής φασματοσκοπίας Raman. Πρόκειται επίσης, να μελετηθεί η δυνατότητα ενίσχυσης των παρατηρούμενων φαι-

νομένων με την εφαρμογή υψηλής υδροστατικής πίεσης και με χρήση των ίδιων διαλυτών ως μέσων μετάδοσης της πίεσης (PTM). Το έναυσμα για την προτεινόμενη ερευνητική δραστηριότητα έδωσαν πρόσφατες μελέτες με φασματοσκοπία Raman που κατέδειξαν ότι η εφαρμογή υψηλής υδροστατικής πίεσης σε μονοστρωματικό γραφένιο πάνω σε SiO<sub>2</sub> είναι δυνατόν να επάγει τη μεταφορά ηλεκτρονίων στο γραφένιο με τη χρήση πολικού PTM. Το αποτέλεσμα αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό καθώς ανοίγει έναν εναλλακτικό δρόμο, πέρα από τις γνωστές μεθόδους της προσθήκης και αντικατάστασης ατόμων ή της έγχυσης φορέων με την κατα-



σκευή FET, για τη μεταβολή των ηλεκτρονικών ιδιοτήτων του γραφενίου μέσω της επίδρασης με το περιβάλλον του. Επιπρόσθετα, βρέθηκε ότι η εμφάνιση αιωρούμενου πάνω από  $\text{SiO}_2$  γραφενίου σε διάφορους μη πολικούς διαλύτες (εξάνιο, τολουόλη, ανισόλη) οδηγεί στη σημαντική αύξηση (έως και υπερδιπλασιασμό) της ευκινησίας των φορέων του, η οποία είναι ανάλογη της στατικής διηλεκτρικής σταθεράς του διαλύτη. Τα προαναφερθέντα φαινόμενα αναμένεται να ενισχυθούν στην περίπτωση που το υπόστρωμα του γραφενίου διαθέτει ένα σημαντικό αριθμό ελευθέρων φορέων, όπως συμβαίνει στην περίπτωση των μετάλλων Cu ή Ni που αφορούν στην παρούσα ερευνητική δραστηριότητα.



**Ιωσήφ  
Κιοσσεόγλου**

### **Νανοδομές III-N ημιαγωγών στη φωτοβολταϊκή τεχνολογία**

Στόχος του ερευνητικού έργου είναι η ενδελεχής μελέτη σύνθετων ημιαγωγικών νανοδομών III-Nιτριδίων για προχωρημένες εφαρμογές φωτοβολταϊκών διατάξεων υψηλής απόδοσης. Τα τελευταία χρόνια έχει δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στην ερευνητική δραστηριότητα φωτοβολταϊκών διατάξεων «τρίτης γενεάς», δηλαδή προ-

ηγμένων διατάξεων σύνθετων ημιαγωγών που εκμεταλλεύονται πιο αποτελεσματικά το ηλιακό φάσμα όπως διατάξεις πολυεπαφικών στοιχείων πολλαπλών εν-σειρά διόδων (tandem junction solar cells). Η αρχή λειτουργίας των διατάξεων αυτών βασίζεται στην αποδοτικότερη εκμετάλλευση του ηλιακού φάσματος με τη χρήση πολλαπλών p-n διόδων ημιαγωγών με διαφορετικό ενεργειακό χάσμα.

Οι III-V ημιαγωγοί, είτε αναφερόμαστε στις κλασικές περιπτώσεις των ενώσεων αρσενικού (III-As), φωσφόρου (III-P) ή αντιμονίου (III-Sb), είτε στην οικογένεια των ενώσεων αζώτου (III-N) έχουν σημαντικές ιδιότητες που δεν συναντώνται στο Si ή άλλους ημιαγωγούς και χαρακτηρίζουν τη χρήση τους στις τηλεπικοινωνίες και τη φωτονική. Οι περισσότεροι ημιαγωγοί III-V έχουν άμεσο ενεργειακό χάσμα (έμμεσο για Si, Ge, SiC) και αυτό επιτρέπει την κατασκευή αποδοτικών διόδων εκπομπής φωτός (LED) και λέιζερ (LD) για όλη την φασματική περιοχή από το υπέρυθρο των τηλεπικοινωνιών, μήκους κύματος 1550 nm ( $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ ), έως το υπεριώδες των αισθητήρων, μήκους κύματος 360 nm (GaN). Ενδιάμεσα υπάρχει η περιοχή του ορατού φωτός με τεράστιο ενδιαφέρον για διάφορες χρήσεις φωτισμού και οθονών, συμπεριλαμβανομένου και του γενικού φωτισμού (solid state lighting). Επιπλέον, η ηλεκτρονική δομή πολλών ημιαγωγών III-V συνδέεται με πολύ υψηλές τιμές ευκινησίας και ταχύτητας ηλεκτρονίων, που δεν επιτυγχάνονται σε άλλους ημιαγωγούς.

Στο πλαίσιο της παρούσας πρότασης θα εξεταστεί η δυνατότητα μέγιστης αξιοποίησης των ανωτέρω χαρακτηριστικών με τη χρήση ετεροδομών και νανοδομών [νανοτελειών

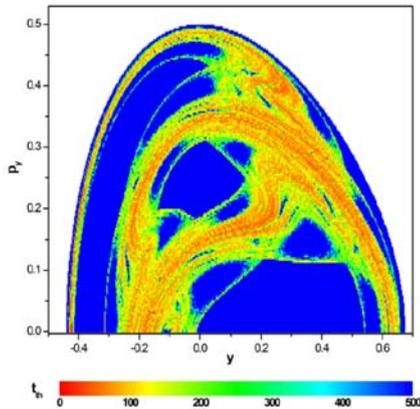
(nanodots)- νανοημάτων (nanowires)] InGaN/AlGaN. Ως νανοτελείες ή κβαντικές τελείες ορίζεται ένα σύνολο ατόμων τα οποία αποτελούν ένα ξεχωριστό κρύσταλλο με διαστάσεις νανοκλίμακας μέσα σε ένα διαφορετικό κρυσταλλικό πλέγμα. Χρησιμοποιούνται για οπτοηλεκτρονικές εφαρμογές, καθώς έχουν μοναδικές, ηλεκτρονικές και οπτικές ιδιότητες που καθορίζονται τόσο από το χαμηλόν διαστάσεων μέγεθός τους, το επακόλουθο πεδίο παραμόρφωσης της δομής όσο και από τις διεπιφάνειές τους. Οι νανοδομές ημιαγωγών θεωρούνται πολύ σημαντικά υλικά για μελλοντικές εφαρμογές στις τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνιών, τους αισθητήρες, την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και τις βιολογικές επιστήμες.



**Χάρης  
Σκόκος**

### **Χαοτική διάδοση ενέργειας σε άτακτα μη γραμμικά πλέγματα**

Τα τελευταία χρόνια η μελέτη άτακτων μη γραμμικών πλεγμάτων (disordered nonlinear lattices), έχει προσελκύσει το ερευνητικό ενδιαφέρον διάφορων ερευνητικών ομάδων σε όλο τον κόσμο, τόσο σε θεωρητικό όσο και σε πειραματικό επίπεδο. Τέτοια συστήματα προσπαθούν να προσομοιώσουν την ετερογένεια που υπάρχει στη φύση και περιγράφονται από μοντέλα πολλών βαθμών ελευθερίας, στα οποία κάποια παράμετρος παίρνει μια τυχαία τιμή για κάθε βαθμό ελευθερίας. Ο P.W. Anderson προέβλεψε θεωρητικά τον εντοπισμό ενεργειακών διαταραχών σε άτακτα συστήματα, και τιμήθηκε με το βραβείο Nobel για αυτό. Σήμερα το



φαινόμενο ονομάζεται “εντοπισμός Anderson” (Anderson localization – AL) και έχει παρατηρηθεί σε διάφορες πειραματικές διατάξεις.

Η επίδραση της μη γραμμικότητας στον AL παραμένει ένα ανοιχτό ζήτημα. Πρόσφατες θεωρητικές μελέτες και αριθμητικές προσομοιώσεις δείχνουν ότι η μη γραμμικότητα καταστρέφει τον AL με αποτέλεσμα τα κυματοπακέτα να επεκτείνονται συνεχώς. Τα χαρακτηριστικά αυτής της διάδοσης (π.χ. ταχύτητα διάδοσης, μορφή ενεργειακών προφίλ κλπ.), είναι σήμερα γνωστά από αριθμητικές προσομοιώσεις, σε διάφορα μοντέλα, όπως για παράδειγμα στην αλυσίδα μη γραμμικών ταλαντωτών Klein-Gordon (KG) και στο διακριτό μοντέλο της μη γραμμικής εξίσωσης του Schrödinger (discrete nonlinear Schrödinger equation – DNLS). Γνωρίζουμε επίσης ότι η διάδοση της ενέργειας είναι μια χαοτική διεργασία, όμως τα χαρακτηριστικά της δεν έχουν μελετηθεί ακόμα συστηματικά. Ποια είναι η τιμή του βασικότερου δείκτη χαοτικότητας, δηλαδή του μέγιστου εκθέτη Lyapunov (maximum Lyapunov characteristic exponent – mLCE) σε άτακτα συστήματα; Πώς εξαρτάται αυτή η τιμή, καθώς και το φάσμα όλων των εκθετών Lyapunov, από τα μορφολογικά στοιχεία της αρχικής διαταραχής; Η τιμή του mLCE

παραμένει σταθερή, υποδηλώνοντας ότι το σύστημα χαρακτηρίζεται από τον ίδιο “βαθμό χαοτικότητας”; Μήπως η χαοτικότητα του συστήματος μειώνεται καθώς νέοι ταλαντωτές διεγείρονται με τη διάδοση του κυματοπακέτου; Και τελικά, μπορούμε να εκτιμήσουμε αν το κυματοπακέτο θα συνεχίσει να απλώνει επ’ άπειρο, όπως δείχνουν οι μέχρι σήμερα αριθμητικές προσομοιώσεις, ή αυτή η διάδοση θα σταματήσει κάποια στιγμή, όπως εικάζουν μερικοί; Στόχος της παρούσας ερευνητικής πρότασης είναι να θέσει τις βάσεις για τη συστηματική μελέτη αυτών των ερωτημάτων, και να δώσει κάποιες πρώτες, πειστικές απαντήσεις σε αυτά.



**Δημήτριος  
Τάσσης**

### *Βελτιστοποίηση της δομής “γεφυρωμένων κρυσταλλινών (Bridged Grain: BG)” σε τρανζίστορ λεπτών υμενίων πολυκρυσταλλικού πυριτίου διπλής πύλης (DG-MOSFET)*

Η προσωπική διασκέδαση μέσω προηγμένων ηλεκτρονικών συσκευών – για παρακολούθηση ταινιών, video-games, φορητές συσκευές όπως έξυπνα κινητά και υπολογιστές – έχει αναδείξει μια τρομερά αναπτυσσόμενη βιομηχανία που απαιτεί οθόνες χαμηλής κατανάλωσης και υψηλών επιδόσεων. Οι απαιτήσεις σε επιδόσεις αυξάνονται ακόμα περισσότερο σε οθόνες με 3D απεικόνιση. Ενώ κάποιες τεχνολογίες έχουν ωριμάσει και έχουν φτάσει στα καλύτερα δυνατά όριά τους, η χρήση πολυκρυσταλλικών τρανζίστορ λεπτών υμενίων, επιδέχεται ακόμα πολλές βελτιώσεις. Το πλεονέκτημα αυτής της τε-

χνολογίας είναι ότι αξιοποιεί όλη τη γνώση σε τρανζίστορ με βάση το πυρίτιο (σε θεωρητικό και κατασκευαστικό επίπεδο) και επιπλέον είναι πολύ συμφέρουσα από άποψη κόστους. Υστερεί όμως σε επιδόσεις που αφορούν τόσο στον έλεγχο του καναλιού του τρανζίστορ όσο και σε προβλήματα που εμφανίζονται λόγω μεγάλης συρρίκνωσής τους (φαινόμενα μικρού διαύλου – short channel effects). Επίσης, σε σύγκριση με τα κρυσταλλικά MOSFET πυριτίου, η ύπαρξη κρυσταλλινών (grains) επηρεάζει την κλίση του ρεύματος (κάτω από την τάση κατωφλίου) και αυξάνει το ρεύμα διαρροής, με άσχημες επιπτώσεις στις επιδόσεις και στην κατανάλωσή τους.

Βελτίωση του τρανζίστορ μπορεί να επιτευχθεί προσθέτοντας μια ακόμα πύλη (double gate – DG), επιτυγχάνοντας καλύτερο έλεγχο του καναλιού και ελαχιστοποιώντας τα φαινόμενα μικρού διαύλου. Ακόμα, δημιουργώντας στο κανάλι γραμμές με υψηλή συγκέντρωση προσμίξεων μπορούμε να βελτιώσουμε τόσο την κλίση του ρεύματος στην περιοχή κάτω από την τάση κατωφλίου όσο και το ρεύμα διαρροής του τρανζίστορ. Στο έργο αυτό θα γίνει μελέτη για τη βελτιστοποίηση του τρανζίστορ, μελετώντας την επίδραση και των δύο πυλών αλλά και των γραμμών υψηλής συγκέντρωσης σε σχέση με τη θέση, την πυκνότητά τους αλλά και τη συγκέντρωση των προσμίξεών τους. Με τη βοήθεια προηγμένων προγραμμάτων προσομοίωσης (εφαρμογές TCAD) θα εξηγηθεί η φυσική που διέπει το τρανζίστορ και θα διασαφηνιστούν οι μηχανισμοί αγωγιμότητας στη δομή των γεφυρωμένων κρυσταλλινών σε μικροσκοπικό επίπεδο. Έτσι, αυτή η τεχνολογία θα μπορέσει να α-

ξιοποιηθεί και να χρησιμοποιηθεί για την οδήγηση των οργανικών διόδων (OLED) στα κυκλώματα των σύγχρονων οθόνων.

#### • Ερευνητικά Προγράμματα Βασικής Έρευνας



**Γεώργιος Δημητράκοπουλος**

#### *Πειραματική και Θεωρητική Μελέτη Μετατροπών Φάσεων κατά την Υαλοποίηση και Ανακρυστάλλωση Υάλων Εγκιβωτισμού Τοξικών Κόννεων*

Η υαλοποίηση ως μέθοδος σταθεροποίησης / στερεοποίησης παρουσιάζει ενδιαφέρον και για την αδρανοποίηση και αξιοποίηση επικίνδυνων βιομηχανικών αποβλήτων. Η επιστημονική δραστηριότητα στο πεδίο αυτό κατευθύνεται στην εξεύρεση λύσεων, όχι μόνο για την ασφαλή εναπόθεση των επικίνδυνων αποβλήτων, αλλά και για την επανάχρηση αυτών με τη μορφή υαλοκεραμικών υλικών. Για την επίτευξη αυτού του τελικού στόχου, απαιτείται θεμελιώδης κατανόηση των μετατροπών φάσεων που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια των διεργασιών υαλοποίησης και κρυστάλλωσης. Η μέθοδος της υαλοποίησης και της ελεγχόμενης κρυστάλλωσης υάλων είναι ιδιαίτερα υποσχόμενες για χημικώς περίπλοκα συστήματα, όπως είναι τα απόβλητα. Η έρευνα εστιάζεται στη σύζευξη πειραματικών και θεωρητικών μεθόδων για την κατανόηση μετατροπών φάσεων που λαμβάνουν χώρα κατά την υαλοποίηση εγκιβωτισμένων τοξικών κόννεων. Για τον πειραματικό χαρακτηρισμό χρησιμοποιούνται οι μέθοδοι της περίθλασης ακτίνων-Χ, της ηλεκτρονικής μικροσκοπίας

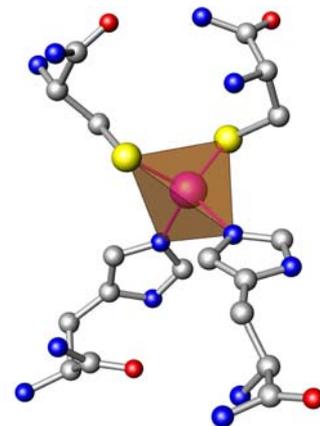
σάρωσης (SEM) με φασματοσκοπία ενεργειακού διασκοπισμού, καθώς και της ηλεκτρονικής μικροσκοπίας διέλευσης (TEM) και της TEM υψηλής διακριτικής ικανότητας (HRTEM). Με την τελευταία παρέχεται και η δυνατότητα μελέτης της χημικής ετερογένειας στη νανοκλίμακα. Η μεθοδολογία πρόβλεψης σταθερών δομών με βάση τις παραμέτρους της κρυστάλλωσης και τη χημική σύσταση χρησιμοποιεί ως κριτήριο την ενεργειακή τους κατάσταση. Αναζητούνται μονοπάτια μεταβολής της ενέργειας των ατομικών δομών που καταλήγουν σε καταστάσεις ευσταθούς ή μετασταθούς ισορροπίας. Η αύξηση της απόδοσης των υπολογισμών έγκειται στον περιορισμό των ανεξάρτητων μεταβλητών με τη χρήση των πειραματικών αποτελεσμάτων.



**Μαρία Κατσικίνη**

#### *Μελέτη του δεσμικού περιβάλλοντος ιχνοστοιχείων σε ιστούς.*

Μεταλλικά στοιχεία όπως ο Fe και ο Zn, είναι ουσιώδη για τους ζωντανούς οργανισμούς και παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο τόσο στη διαμόρφωση της δομής όσο και στον καταλυτικό ρόλο ορισμένων πρωτεϊνών. Απαντώνται σε μικρές ποσότητες σε σκληρούς κερατινώδεις ιστούς, όπως είναι οι τρίχες και τα νύχια, αλλά και σε μαλακούς ιστούς. Η απόκλιση της συγκέντρωσης ορισμένων ουσιωδών στοιχείων από τις φυσιολογικές τιμές, έχει συχνά συσχετιστεί με ορισμένες ασθένειες και για το λόγο αυτό οι κερατινώδεις ιστοί αποτελούν χρήσιμους βιοδείκτες. Επιπροσθέτως, το δεσμικό περι-



βάλλον ορισμένων ουσιωδών στοιχείων επηρεάζεται από μερικές ασθένειες όπως για παράδειγμα ο τρόπος που ο Fe δεσμεύεται σε εγκεφαλικούς ιστούς πασχόντων από τη νόσο Alzheimer ή σε νεφρικούς ιστούς προσβεβλημένους από καρκίνο. Μια τεχνική χαρακτηρισμού η οποία παρέχει πληροφορίες για τον τρόπο συναρμογής μετάλλων σε μεταλλοπρωτεΐνες ή ιστούς είναι η φασματοσκοπία λεπτής υφής απορρόφησης ακτίνων Χ (XAFS). Η συγκεκριμένη τεχνική εφαρμόζεται σε εργαστήρια παραγωγής ακτινοβολίας Σύγχροτρον και μπορεί να χρησιμοποιηθεί όχι μόνο για την εύρεση του είδους, του αριθμού και της απόστασης των ατόμων που άμεσα δεσμεύονται στο άτομο του μετάλλου αλλά και για την ταυτοποίηση των αμινοξέων που κατέχουν τη θέση άμεσων γειτόνων (ligands). Ο κύριος στόχος του ερευνητικού προγράμματος είναι να αποκαλύψει τον τρόπο με τον οποίο ο Zn και ο Fe δεσμεύονται σε σκληρούς και μαλακούς ιστούς. Επίσης θα διερευνηθεί κατά πόσο κάποιες ασθένειες προκαλούν μεταβολές στο δεσμικό περιβάλλον των συγκεκριμένων μετάλλων και εάν υπάρχει κάποια συσχέτιση της μεταβολής του δεσμικού περιβάλλοντος των ατόμων των μεταλλικών στοιχείων στα νύχια σε σχέση με μεταβολές που πιθανώς παρατηρούνται στους ιστούς του ίδιου

δότη. Για τη μελέτη θα χρησιμοποιηθούν κυρίως ιστοί ζώων υγιείς και προσβεβλημένοι από διάφορους τύπους καρκίνου καθώς και όνυχες από τα ίδια ζώα και θα προκύψουν από επιχειρήσεις που πραγματοποιούνται από κτηνιάτρους της Κτηνιατρικής Σχολής. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο καρκίνος είναι η πιο συχνή αιτία θανάτου των ζώων συντροφιάς και ότι πολλοί τύποι καρκίνου εμφανίζουν παρόμοια ιστοπαθολογικά χαρακτηριστικά με αντίστοιχες περιπτώσεις σε ανθρώπους.



**Χαράλαμπος Μουστακίδης**

### *Εφαρμογές της θεωρητικής Πυρηνικής Φυσικής στην Αστροφυσική*

Οι αστέρες νετρονίων είναι από τα πλέον ενδιαφέροντα από επιστημονική άποψη αντικείμενα του μακρόκοσμου. Η μελέτη της εξέλιξης, της δομής και των ιδιοτήτων τους απαιτούν την εφαρμογή συνδυασμένων γνώσεων Αστροφυσικής, Πυρηνικής Φυσικής, Γενικής Θεωρίας Σχετικότητας και Θερμοδυναμικής. Οι αστέρες νετρονίων είναι ένα τεράστιο εργαστήριο στο οποίο επικρατούν συνθήκες που δεν μπορούμε προς το παρόν να α-

να παράγουμε στη γη (τεράστιες τιμές πίεσης και θερμοκρασίας, πολύ ισχυρό βαρυτικό και μαγνητικό πεδίο κ.α.) Από την άλλη πλευρά οι πειραματικές-παρατηρησιακές προβλέψεις των αστέρων νετρονίων είναι πολύ σημαντικές γιατί μέσω αυτών μπορούμε να επιβεβαιώσουμε ή να αμφισβητήσουμε το τρέχον θεωρητικό πλαίσιο. Στα πλαίσια της παρούσας ερευνητικής πρότασης σκοπεύουμε να εφαρμόσουμε τις πλέον σύγχρονες επιστημονικές γνώσεις και δεδομένα της Θεωρητικής Πυρηνικής Φυσικής στη μελέτη της δομής και των ιδιοτήτων των αστέρων νετρονίων

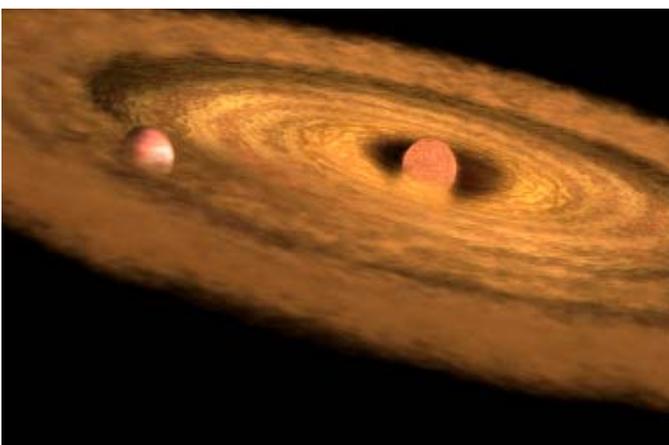


**Κλεομένης Τσιγάνης**

### *Μελέτη της διαδικασίας σχηματισμού πλανητών μέσω προσομοιώσεων υψηλής ανάλυσης.*

Η χρηματοδοτούμενη έρευνα εστιάζεται στη μελέτη της διαδικασίας σχηματισμού στερεών πλανητών μέσα σε πρωτοπλανητικούς δίσκους, με τη χρήση καινοτόμων τεχνικών αριθμητικής προσομοίωσης υψηλής ανάλυσης. Σύμφωνα με το επικρατέστερο μοντέλο σχηματισμού (core-accretion model), οι γήινοι πλανήτες, όπως και οι στερεοί πυρήνες

των γιγάντιων πλανητών σχηματίστηκαν σταδιακά, μέσω διαδοχικών συγκρούσεων πολυάριθμων μικρών πλανητοειδών. Μια ρεαλιστική προσομοίωση αυτής της διαδικασίας συνίσταται στην ταυτόχρονη επίλυση των εξισώσεων κίνησης και την καταγραφή των συγκρούσεων για ένα τεράστιο αριθμό σωμάτων (~100.000) που αλληλεπιδρούν βαρυτικά, ενώ ταυτόχρονα δέχονται επιπλέον δυνάμεις από τον αέριο πρωτοπλανητικό δίσκο, μέσα στον οποίο κινούνται. Προσομοιώσεις τόσο υψηλής ανάλυσης δεν είναι δυνατό να διεξαχθούν σε συνήθεις υπολογιστές. Για το λόγο αυτό, θα αναπτύξουμε ειδικό λογισμικό που θα εκτελείται σε πολυεπεξεργαστές τύπου GPU (κάρτες "γραφικών", Nvidia). Σκοπός της μελέτης μας, σε επίπεδο βασικής έρευνας, είναι να κατανοήσουμε τις αστροφυσικές ιδιότητες των πρωτοπλανητικών δίσκων που επιτρέπουν την ταχεία ανάπτυξη μεγάλων πλανητών (π.χ. 10 φορές τη μάζα της Γης, όπως οι πυρήνες του Δία και του Κρόνου). Ιδιαίτερο ρόλο αναμένεται να παίζουν οι χωρικές μεταβολές της πίεσης του αερίου, οι οποίες μπορεί να επιταχύνουν το σχηματισμό πλανητών, "παγιδεύοντας" τους πλανητοειδείς σε στενούς δακτυλίους γύρω από τον κεντρικό αστέρα (π.χ. τον Ήλιο).



### **Τα ερευνητικά προγράμματα «ΗΡΑΚΛΕΙΤΟΣ» του Τμήματος Φυσικής**

Στις 10/12/2012 στο ΚΕ.Δ.Ε.Α διοργανώθηκε ημερίδα όπου παρουσιάστηκαν ερευνητικά αποτελέσματα υποψηφίων διδακτόρων — υποτρόφων στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος «ΗΡΑΚΛΕΙΤΟΣ II». Στο προηγούμενο τεύχος παρατέθηκαν τα ονόματα των υποψηφίων διδακτόρων που συμμετείχαν αλλά εκ παραδρομής δεν περιελήφθη το όνομα του κ. Γεωργίου Ζορμπά, ο οποίος εκπονεί διατριβή και παρουσίασε αφίσα με τίτλο "Παραμετρική μελέτη του ραδιοσυχνοτικού θερμοκαυτηριασμού σε πραγματικά κλινικά σενάρια".



**Χατζηπαναγιωτίδης  
Δημήτριος**  
Φοιτητής  
Τμ. Φυσικής

Η πυρηνική σύντηξη είναι από τους πιο ελπιδοφόρους τρόπους παραγωγής ενέργειας καθώς συνδυάζει μεγάλη απόδοση με τη μη-ρύπανση του περιβάλλοντος. Τα ποσά ενέργειας που απελευθερώνονται από τη σύντηξη ελαφρών πυρήνων προς δημιουργία βαρύτερων είναι σημαντικά. Τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται κυρίως είναι το δευτέριο, ισότοπο το οποίο υπάρχει στο νερό, και το τρίτιο το οποίο παράγεται από αντιδράσεις με λίθιο το οποίο και αυτό υπάρχει σε ικανοποιητικές ποσότητες στην Γη. Το κύριο κατάλοιπο από τις αντιδράσεις του δευτερίου με το τρίτιο είναι το  ${}^4\text{He}$  το οποίο δεν είναι τοξικό ούτε ραδιενεργό.

Οι έρευνες για την ελεγχόμενη παραγωγή ενέργειας από αντιδράσεις σύντηξης έχουν ξεκινήσει από το 1949. Οι δύο σημαντικότερες μέθοδοι είναι η σύντηξη με Μαγνητική Δέσμευση Πλάσματος (magnetic confinement fusion) και η σύντηξη με laser που είναι μέθοδος αδρανειακής σύντηξης (inertial confinement fusion). Αντιδραστήρες σύντηξης με βάση τη μαγνητική δέσμευση έχουν δημιουργηθεί εδώ και αρκετά χρόνια αλλά η απόδοσή τους είναι πάρα πολύ χαμηλή. Το προσεχές project που υποσχεται να δημιουργήσει έναν αντιδραστήρα σύντηξης με μαγνητική δέσμευση μεγάλης απόδοσης ονομάζεται ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) και βρίσκεται στη Γαλλία. Από την άλλη μεριά για πρώτη φορά ε-

τοιμάζεται ένα project σχετικό με σύντηξη με laser που ονομάζεται HiPER (High Power Laser Energy Research) και βρίσκεται στο Ηνωμένο Βασίλειο.

Αρχικά θα κάνουμε μια εισαγωγή για τη σύντηξη. Η σύντηξη, κατά κάποιον τρόπο, είναι η αντίθετη διαδικασία της σχάσης. Ελαφρείς πυρήνες ενώνονται (συντήκονται) προς δημιουργία βαρύτερων πυρήνων, ελευθερώνοντας ενέργεια (εξώθερμη αντίδραση), σε αντίθεση με τη σχάση, όπου βαρείς πυρήνες σπάνε (σχάζονται) σε δυο ελαφρύτερους. Η σύντηξη είναι η πηγή ενέργειας των αστέρων που τους δίνει τη δυνατότητα να εκκλύουν τεράστια ποσά ενέργειας για μεγάλο χρονικό διάστημα. Σύμφωνα με τη σχέση ισοδυναμίας μάζας-ενέργειας του Einstein, μια πυρηνική αντίδραση, της οποίας η τελική μάζα είναι μικρότερη της αρχικής, είναι εξώθερμη απελευθερώνοντας ενέργεια ίση με:

$$Q = (m_{\text{αρχική}} - m_{\text{τελική}}) \times c^2$$

Αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι για ένα πυρήνα με αριθμό πρωτονίων  $Z$  (ατομικός αριθμός) και αριθμό νετρονίων  $A-Z$  (μαζικός αριθμός - ατομικός αριθμός), το άθροισμα της μάζας που έχουν τα ελεύθερα νουκλεόνια είναι μεγαλύτερο από τη συνολική μάζα,  $m$ , που έχει ο πυρήνας. Η διαφορά τους ονομάζεται έλλειμμα μάζας:

$$\Delta m = Z \times m_p + (A - Z) \times m_n - m$$

Για σταθερούς πυρήνες η ποσότητα αυτή είναι θετική και η ενέργεια που αντιστοιχεί στο έλλειμμα μάζας ονομάζεται ενέργεια σύνδεσης:

$$E_B = \Delta m \times c^2$$

Η ενέργεια σύνδεσης εκφράζει το ελάχιστο ποσό της ενέργει-

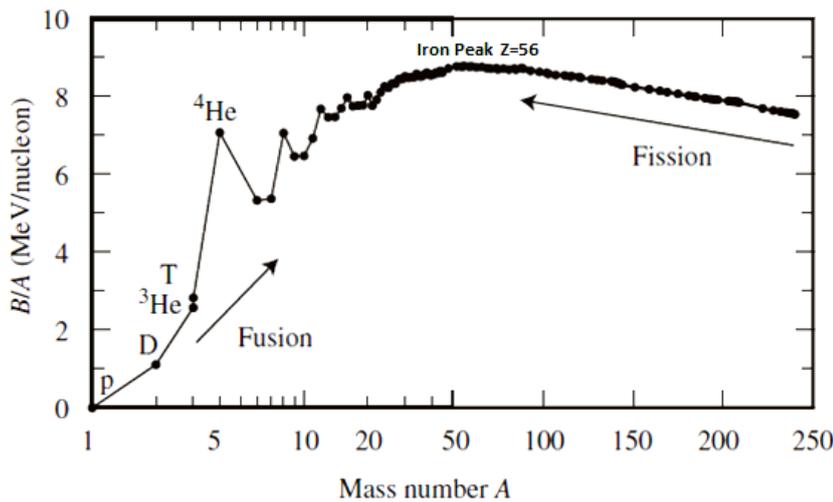
ας που πρέπει να δώσουμε στον πυρήνα για να τον διασπάσουμε στα νουκλεόνιά του. Οπότε το  $Q$  που εκλύεται από μια αντίδραση με βάση την ενέργεια συνδέσεως είναι:

$$Q = E_{\text{Βτελική}} - E_{\text{Βαρχική}}$$

Μια χρήσιμη ποσότητα που χρησιμοποιούμε είναι η ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο,  $E_B/A$ , που εκφράζει τη σταθερότητα του πυρήνα. Όσο μεγαλύτερη είναι αυτή η ποσότητα, τόσο πιο σταθερός είναι ο πυρήνας.

Στο Σχ. 1 φαίνεται η ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο συναρτήσει του μαζικού αριθμού του,  $A$ . Όπως παρατηρούμε, για το υδρογόνο ( $A=1$ ), η ενέργεια σύνδεσης είναι, όπως αναμένεται, μηδέν και στη συνέχεια αυξάνει ραγδαία, όσο αυξάνεται ο μαζικός αριθμός  $A$ , ώσπου φτάνει στη μέγιστη τιμή 8.7 MeV η οποία αντιστοιχεί σε μαζικό αριθμό  $A=56$  (σίδηρος). Στη συνέχεια όσο αυξάνεται ο μαζικός αριθμός, η ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο ελαττώνεται ελαφρά μέχρι την τιμή  $E_B/A = 7.5$  MeV για το βαρύτερο πυρήνα με  $A \sim 250$  (υπερουράνια στοιχεία). Όπως καταλαβαίνουμε, οι εξώθερμες αντιδράσεις είναι αυτές που πλησιάζουν προς το μέγιστο της καμπύλης δηλαδή στον πυρήνα με τη μεγαλύτερη ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο που είναι και ο πιο σταθερός ( ${}^{56}\text{Fe}$ ).

Σχάση είναι η διαδικασία κατά την οποία βαρείς πυρήνες με ( $A > 56$ ) σχάζονται σε δυο ελαφρύτερους προς δημιουργία ευσταθέστερης κατάστασης με ταυτόχρονη έκλυση ενέργειας, όπως φαίνεται και από το Σχ. 1 (πάνω δεξιά). Οι δυο νέοι αυτοί πυρήνες έχουν μεγαλύτερη ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο, που συνεπά-



Σχήμα 1: Ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο συναρτήσει του μαζικού αριθμού

γεται ότι είναι ευσταθέστεροι του αρχικού. Σύντηξη είναι η διαδικασία κατά την οποία ελαφρείς πυρήνες ( $A < 56$ ) συντηκονται, δημιουργώντας ένα βαρύτερο πυρήνα προς δημιουργία ευσταθέστερης κατάστασης με ταυτόχρονη έκλυση ενέργειας, όπως φαίνεται από το Σχ. 1 (κάτω αριστερά). Ο νέος αυτός πυρήνας έχει μεγαλύτερη ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο από τους δυο προηγούμενους, άρα βρίσκεται σε ευσταθέστερη κατάσταση από την αρχική.

Οι θερμοκρασίες που απαιτούνται για να έχουμε σύντηξη είναι πολύ μεγάλες διότι οι προς σύντηξη πυρήνες είναι θετικά φορτισμένοι και υπάρχει μεγάλη άπωση Coulomb. Για να γίνει η σύντηξη θα πρέ-

πει οι πυρήνες να φτάσουν πολύ κοντά ο ένας στον άλλο ώστε να ενεργήσουν οι πυρηνικές δυνάμεις (που είναι μικρής εμβέλειας και ελκτικές) πράγμα που γίνεται εφικτό σε μεγάλες θερμοκρασίες, δηλαδή μεγάλες ταχύτητες. Η απόσταση μεταξύ δύο πυρήνων μαζικού αριθμού  $A_1$  και  $A_2$  στην οποία αρχίζει η δράση των πυρηνικών δυνάμεων, δίνεται από την παρακάτω εξίσωση που ισούται περίπου με το άθροισμα της ακτίνας των δυο πυρήνων:

$$r_n[\text{cm}] = 1.44 \times 10^{-13} (A_1^{1/3} + A_2^{1/3})$$

Η ελάχιστη απόσταση,  $r_c$ , που μπορεί να προσεγγίσουν δύο πυρήνες κινητικής ενέργειας  $E$  υπό την επίδραση της άπωσης Coulomb είναι:

$$r_c = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Z_1 Z_2 e^2}{E}$$

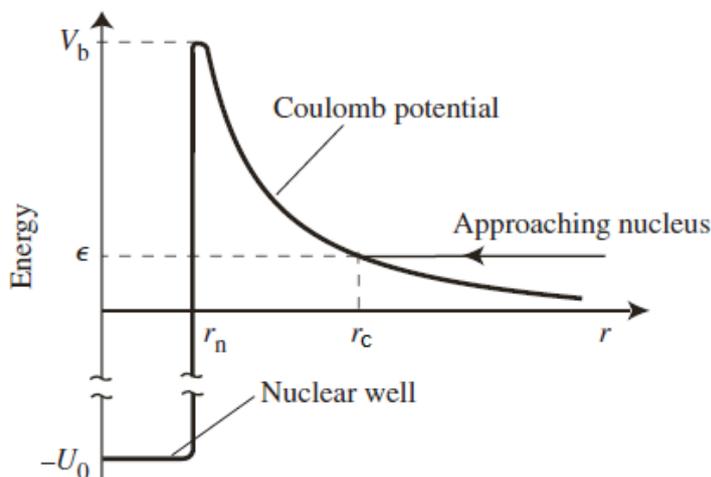
Η σχέση αυτή προέκυψε θεωρώντας ότι:

$$E = V_c(r) \Rightarrow E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Z_1 Z_2 e^2}{r_c}$$

Στο Σχ. 2 φαίνεται η γραφική παράσταση της ενέργειας του συστήματος των δύο πυρήνων συναρτήσει της μεταξύ τους απόστασης από την οποία προκύπτει ότι για να γίνει η σύντηξη οι πυρήνες πρέπει να έχουν ενέργεια ίση ή μεγαλύτερη του δυναμικού Coulomb, αλλιώς φτάνουν μέχρι μια απόσταση μεταξύ τους και μετά απομακρύνονται. Συνδυάζοντας τις παραπάνω σχέσεις (αντικαθιστώντας  $r_c = r_n$ ) προκύπτει ότι:

$$V_b[\text{MeV}] = V_c(r_n) = \frac{Z_1 \times Z_2}{A_1^{1/3} + A_2^{1/3}}$$

Στην περίπτωση σύντηξης δυο πυρήνων υδρογόνου (πρωτόνιο-πρωτόνιο) πράγμα που γίνεται και στον Ήλιο, από την παραπάνω σχέση είναι εμφανές ότι  $V_b = V_c(r_n) = 1 \text{ MeV}$  είναι η ενέργεια που χρειάζεται για να υπερνικηθεί το φράγμα Coulomb (η ενέργεια αυτή αναφέρεται στο κέντρο μάζας, δηλαδή κάθε σωματίδιο έχει ενέργεια περίπου 500 keV). Αυτή η ενέργεια όμως αντιστοιχεί σε θερμοκρασίες (σύμφωνα με την εξίσωση  $E = (3/2)k_B T$ ) περίπου  $T = 6.4 \times 10^9 \text{ K}$ . Η θερμοκρασία όμως αυτή είναι δυο τάξεις μεγέθους μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία που παρατηρούμε στα άστρα όπου γίνεται σύντηξη. Την λύση στο πρόβλημα αυτό έδωσε ο G. Gamow μέσω της κβαντομηχανικής, υποστηρίζοντας ότι υπάρχει μια μικρή πιθανότητα να έχουμε σύντηξη με ενέργεια  $E < E_c$ . Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό στην κβαντομηχανική με το όνομα φαινόμενο σήραγγας (quantum tunneling) και η πιθανότητα να συμβεί



Σχήμα 2: Η δυναμική ενέργεια μεταξύ δύο πυρήνων συναρτήσει της απόστασής τους.

προσεγγίζει τη μονάδα για τιμές ενέργειας κοντά στο φράγμα Coulomb, ενώ μειώνεται απότομα με την μείωση της θερμοκρασίας αλλά παραμένει πάλι μετρήσιμη ακόμα και για δυο τάξεις μεγέθους χαμηλότερη θερμοκρασία. Η προάσπιση των πυρήνων από τα ηλεκτρόνια μειώνει το φράγμα Coulomb και άρα αυξάνεται η πιθανότητα του φαινομένου σήραγγας.

Σε ένα αστρικό περιβάλλον θεωρούμε δεδομένη θερμοκρασία  $T$ . Στο Σχ. 3 δίνεται η κατανομή Maxwell-Boltzmann αυτής της θερμοκρασίας (καμπύλη 1) και η πιθανότητα φαινομένου σήραγγας για δεδομένο είδος πυρήνων (καμπύλη 2). Η πιθανότητα να

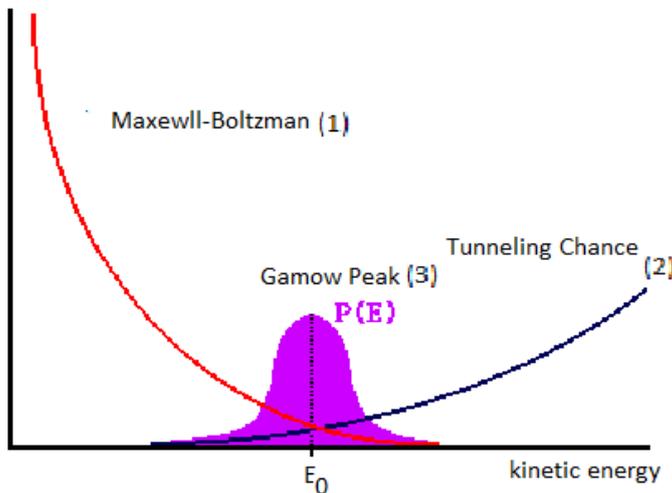
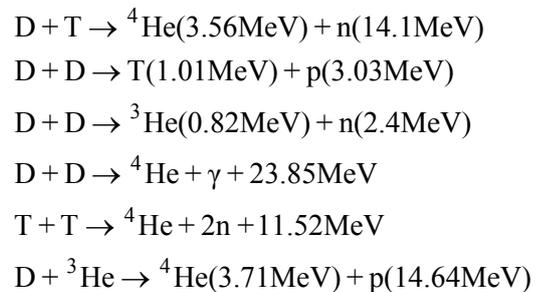
ξής). Η μετατόπιση αυτή προς τα δεξιά φαίνεται και από την σχέση που δίνει την ενέργεια Gamow ( $E_G$ ).

$$E_G[\text{keV}] = 986 \cdot Z_1^2 Z_2^2 \frac{m}{m_p}$$

Για δεδομένους πυρήνες, με αύξηση της θερμοκρασίας η καμπύλη (1) του Σχ. 3 μετατοπίζεται προς τα δεξιά, με αποτέλεσμα ο βαθμός αλληλοεπικάλυψης να μεγαλώνει, γεγονός που σημαίνει μεγαλύτερη πιθανότητα σύντηξης. Γενικά η καμπύλη Gamow καθορίζει τον ρυθμό των αντιδράσεων. Σημειώνουμε πως στις αντιδράσεις σύντηξης παίρνουν μέρος κυρίως οι πυρήνες στην ουρά της κατανομής Maxwell-Boltzmann καθώς είναι οι πιο

πό τις αντιδράσεις σύντηξης είναι μεγάλες. Ένα από τα βασικά καύσιμα αυτών των αντιδράσεων είναι το δευτέριο ( $D$ ) που είναι ισότοπο του υδρογόνου αποτελούμενο από ένα πρωτόνιο και ένα νετρόνιο. Είναι σταθερό και βρίσκεται στο νερό σε αναλογία ένα άτομο δευτερίου ανά 6700 μόρια νερού. Ένα άλλο καύσιμο είναι το τρίτιο ( $T$ ) που είναι και αυτό ισότοπο του υδρογόνου και αποτελείται από δυο νετρόνια και ένα πρωτόνιο. Είναι ραδιενεργό ( $T_{1/2}=12.34$  χρόνια) και δεν συναντάται στη φύση. Το παρασκευάζουμε κυρίως με βομβαρδισμό του  ${}^6\text{Li}$  με νετρόνια.

Από τις πιο σημαντικές αντιδράσεις που έχουν μελετηθεί είναι οι εξής:



Σχήμα 3: Καμπύλη (1) κατανομή M-B, καμπύλη (2) πιθανότητα φαινομένου σήραγγας, (3) κορυφή Gamow.

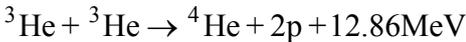
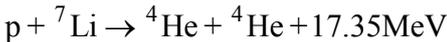
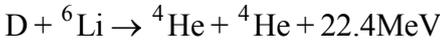
γίνει σύντηξη εξαρτάται από τον βαθμό αλληλοεπικάλυψης των καμπύλων (1) και (2) που η συνεισφορά τους δίνει την καμπύλη Gamow (3). Όσο μεγαλώνει ο ατομικός αριθμός ( $Z$ ) η καμπύλη (2) μετατοπίζεται προς τα δεξιά δηλαδή μικραίνει η πιθανότητα φαινομένου σήραγγας. Άρα για δεδομένη θερμοκρασία, δηλαδή δεδομένη καμπύλη (1), ο βαθμός αλληλοεπικάλυψης μειώνεται και έτσι η καμπύλη Gamow μετατοπίζεται και αυτή δεξιά με ταυτόχρονη μείωση του ύψους της (μικρή πιθανότητα σύντη-

νεργειακοί από όλους της κατανομής. Όμως έχουμε και τις περιπτώσεις συντονισμού σε συγκεκριμένες ενέργειες όπου η πιθανότητα για φαινόμενο σήραγγας μεγαλώνει απότομα.

Έχουν γίνει πολλές έρευνες αναφορικά με τις αντιδράσεις σύντηξης που μπορούν να λάβουν χώρα σε τεχνητό από τον άνθρωπο περιβάλλον, είτε ανεξέλεγκτες για τη δημιουργία όπλων, είτε ελεγχόμενες για την παραγωγή ενέργειας, αφού όπως θα δούμε, οι ποσότητες ενέργειας που εκλύονται α-

Οι αντιδράσεις αυτές λόγω του μικρού ατομικού αριθμού των πυρήνων που παίρνουν μέρος, έχουν μικρή ενέργεια Gamow, οπότε η πιθανότητα για φαινόμενο σήραγγας είναι ικανοποιητική. Από τις πιο χαρακτηριστικές αντιδράσεις είναι αυτή του δευτερίου με το τρίτιο, διότι έχει τη μεγαλύτερη ενεργό διατομή (βλ. Σχ. 4). Η μέγιστη τιμή της φτάνει στα 5 barn για ενέργεια 64 KeV ( $T=4 \cdot 10^6$  Kelvin) και η ενέργεια που απελευθερώνεται είναι περίπου 17.6 MeV που είναι αρκετά ικανοποιητικός αριθμός. Στις αντιδράσεις δευτερίου-δευτερίου υπάρχουν ίσες πιθανότητες για τις διάφορες καταστάσεις που προκύπτουν. Σε ενέργειες περίπου 10-100 KeV η ενεργός διατομή είναι 100 φορές μικρότερη από αυτή της αντίδρασης δευτερίου-τρίτιου, ενώ αυτή

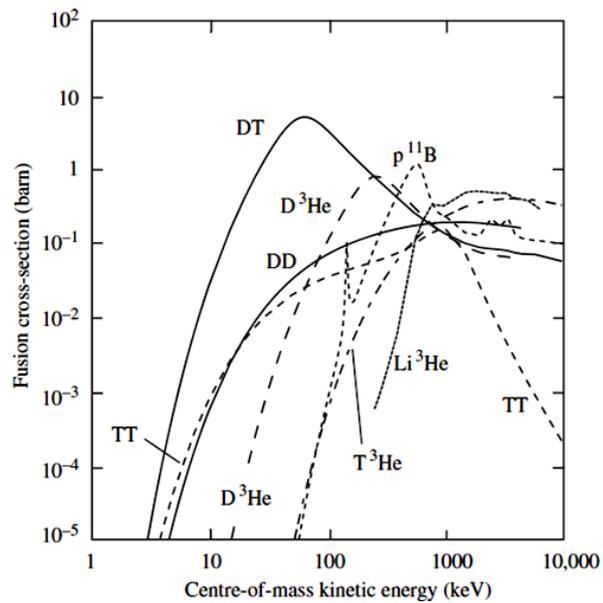
που το παράγωγό της είναι ήλιο και ένα φωτόνιο γάμμα, έχει  $10^4$  φορές μικρότερη ενεργό διατομή από τις υπόλοιπες αν και ελευθερώνει πολύ μεγάλο ποσό ενέργειας. Υπάρχουν και αντιδράσεις σύντηξης όπου παίρνουν μέρος άλλα ελαφριά στοιχεία, όπως το λίθιο και το βόριο. Αυτές είναι:



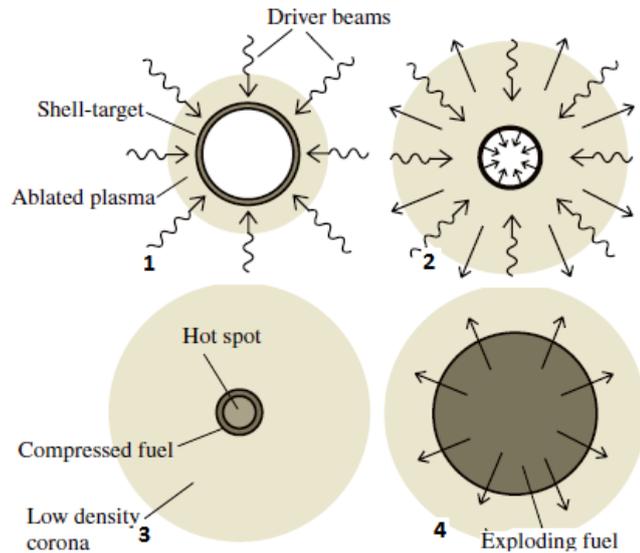
Οι αντιδράσεις αυτές λόγω του σχετικά μεγάλου ατομικού αριθμού των πυρήνων που παίρνουν μέρος, έχουν μεγάλη ενέργεια Gamow, οπότε η πιθανότητα για φαινόμενο σήραγγας μειώνεται. Ενδιαφέρουσα είναι η αντίδραση πρωτονίου με βόριο, διότι δημιουργείται μόνο ήλιο και κανένα άλλο ραδιενεργό καθώς επίσης και γιατί έχει μεγάλη ενεργό διατομή. Η ενεργός διατομή της αντίδρασης αυτής παρουσιάζεται μέγιστη στην ενέργεια περίπου των 800 keV με τιμή περίπου 1 barn ενώ η αμέσως επόμενη ικανοποιητική τιμή είναι σε ενέργεια 150 keV, η οποία είναι περίπου 0.1 barn.

Στις αντιδράσεις που προκύπτουν δυο προϊόντα, η ενέργεια διαμοιράζεται σύμφωνα με τη μάζα του καθενός. Είναι σημαντικό να ξέρουμε τις ενεργές διατομές των παραπάνω αντιδράσεων για τις διάφορες ενέργειες, ώστε να μπορούμε να σχεδιάσουμε έναν αντιδραστήρα σύντηξης με τα κατάλληλα χαρακτηριστικά, όπως για παράδειγμα τα καύσιμα.

Η σύντηξη με laser είναι από τις πιο υποσχόμενες μεθόδους για ελεγχόμενη και αυτόνομη παραγωγή ενέργειας μέσω αντιδράσεων σύντηξης. Ιστορικά η ιδέα γεννήθηκε το 1960 στο Lawrence Livermore



Σχήμα 4: Ενεργός διατομή συναρτήσει της ενέργειας του κέντρου μάζας.



Σχήμα 5: Συμπύκνωση των καυσίμων και εκκίνηση των αντιδράσεων σύντηξης.

National Laboratory (California) και η βασική σκέψη ήταν αν θα μπορούσε μια πολύ ισχυρή δέσμη laser να συμπιέσει τα προς σύντηξη καύσιμα σε πυκνότητες τέτοιες, όπου λόγω αύξησης της θερμοκρασίας θα αρχίσουν να λαμβάνουν χώρα αντιδράσεις σύντηξης. Αργότερα ο John Nuckolls δημοσιεύει τις ιδέες του εξηγώντας ότι θα πρέπει να κατασκευαστεί ένα laser τόσο ισχυρό ώστε να μπορέσει να συμπιέσει τα καύσιμα σε πυκνότητα 1000 φορές αυτής των υγρών και να τα θερμάνει σε θερμοκρασία  $10^8$  K, που είναι καταστάσεις που δεν

συναντώνται ούτε στο κέντρο του Ήλιου. Η ενεργειακή κρίση που είχε δημιουργηθεί τις δεκαετίες του 1970 και του 1980 οδήγησε στην κατασκευή μεγάλων συσκευών laser για να γίνει δοκιμή αυτής της ιδέας. Όπως διαπιστώθηκε όμως, τα πράγματα δεν ήταν τόσο εύκολα και εντέλει οι έρευνες έδειξαν ότι η ενέργεια του laser θα πρέπει να είναι της τάξης των MJ.

Όταν μια ισχυρή δέσμη laser (βλ. Σχ. 5) προσπίπτει πάνω σε μια σφαίρα αποτελούμενη από τα προς σύντηξη καύσιμα (fuel pellet) δευτέριο και τρίτιο, με

ένταση της τάξης των  $10^{14}$ - $10^{15}$  Watt/cm<sup>2</sup>, η ενέργειά της απορροφάται από την επιφάνεια της σφαίρας, δημιουργώντας πλάσμα υψηλής θερμοκρασίας (2-3 KeV) και κατάσταση υψηλής πίεσης της τάξης των μερικών εκατοντάδων Mbars (περίπου 1000 φορές μεγαλύτερη αυτής των υγρών). Η πίεση αυτή επιταχύνει το εξωτερικό κέλυφος της σφαίρας καυσίμων προς το κέντρο της. Όταν τα μεγάλης ταχύτητας σωματίδια των καυσίμων (λόγω επιτάχυνσης) συγκρουστούν στο κέντρο δημιουργούνται συνθήκες ισχυρής συμπίεσης και μεγάλης θερμοκρασίας. Εάν η δυναμική είναι επαρκώς σφαιρικά συμμετρική, η κεντρική περιοχή της σφαίρας αποκτά θερμοκρασία που ισοδυναμεί σε 5-10 keV και οι αντιδράσεις σύντηξης ξεκινούν (η φάση αυτή της σύντηξης ονομάζεται "central spark", δηλαδή κεντρικός σπινθήρας). Οι πρώτες αντιδράσεις σύντηξης προσφέρουν την ενέργεια τους στα υπόλοιπα καύσιμα, αυξάνοντας επαρκώς τη θερμοκρασία τους, ώστε να ξεκινήσουν περαιτέρω αντιδράσεις σύντηξης.

Η δημιουργία του κεντρικού σπινθήρα πρέπει να συμβεί πριν εκτονωθούν τα συμπιεσμένα καύσιμα λόγω της εσωτερικής πίεσης, η οποία στην περίπτωση ενός αστέρα εξισορροπείται από τη βαρύτητα της υπερκείμενης μάζας, ώστε να γίνει πλήρης καύση των καυσίμων. Η διαδικασία που μόλις περιγράψαμε, όσον αφορά τον τρόπο εκκίνησης των πυρηνικών αντιδράσεων σύντηξης, ονομάζεται "central ignition" δηλαδή κεντρική ανάφλεξη. Η διαδικασία αυτή συμβαίνει όταν η κατάρρευση των καυσίμων προς το κέντρο είναι σφαιρικά συμμετρική και δεν υπάρχουν σημαντικές αναταράξεις, κατάσταση που είναι σχετικά δύσκολο να επιτευχτεί.

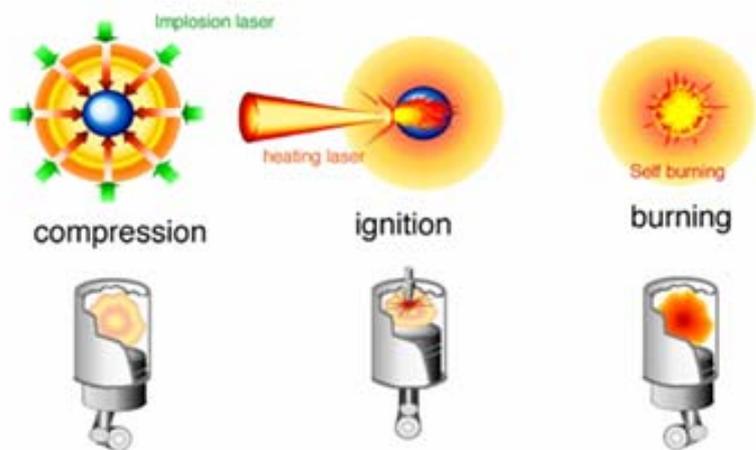
Υπάρχει και μια άλλη διαδι-

κασία που ονομάζεται "fast ignition" δηλαδή ταχεία ανάφλεξη, κατά την οποία οι διαδικασίες συμπίεσης και πυροδότησης των αντιδράσεων σύντηξης είναι διαφορετικές (βλ. Σχ. 6). Εάν η κατάρρευση των καυσίμων προς το κέντρο δεν είναι ικανή να δημιουργήσει κεντρική ανάφλεξη, για να επιτευχτεί η εκκίνηση των αντιδράσεων σύντηξης (λόγω της μη σφαιρικά συμμετρικής κατάρρευσης) χρησιμοποιείται ένας πολύ σύντομος αλλά ισχυρός παλμός laser (ισχύος της τάξης των  $10^{15}$ W) για την τοπική θέρμανση της σφαίρας (η οποία ήδη βρίσκεται σε υψηλή θερμοκρασία).

Η πρώτη αντίδραση σύντηξης T+D  $\rightarrow$  <sup>4</sup>He+n παράγει ενέργεια που εναποτίθεται στο γειτονικό καύσιμο διατηρώντας την υψηλή θερμοκρασία και επιτρέποντας και τους υπόλοιπους πυρήνες δευτερίου και τριτίου του καυσίμου να οδηγούνται σε σύντηξη. Το νετρόνιο το οποίο έχει υψηλή ενέργεια, διαφεύγει από το πλάσμα καθώς αλληλεπιδρά μόνο με πυρηνικές δυνάμεις. Η ενέργειά τους μεταφέρεται σε ένα παχύ στρώμα υλικού που ονομάζεται «κουβέρτα» (το οποίο μπορεί να είναι από λίθιο για την παραγωγή περαιτέρω ποσότητας τριτίου) το οποίο περιβάλλει τον θάλαμο όπου

γίνεται η αντίδραση, και του δίνει θερμοκρασία περίπου 1000K.

Η πυρηνική ενέργεια είναι από τις αποδοτικότερες πηγές ενέργειας που μπορεί να έχει ο άνθρωπος. Το κόστος των καυσίμων για τους πυρηνικούς αντιδραστήρες είναι ένας σημαντικός παράγοντας για τη λειτουργία τους. Οι αντιδραστήρες σχάσης χρησιμοποιούν στοιχεία τα οποία σχάζονται εύκολα, όπως το πλουτώνιο (<sup>239</sup>Pu) και το ουράνιο (<sup>235</sup>U). Τα μεταλλεύματα αυτά βρίσκονται σε πολλά σημεία της Γης, αλλά για να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμα στους αντιδραστήρες περνούν από καθαρισμό που είναι αρκετά δαπανηρός. Το ακατέργαστο ουράνιο περιέχει 99.3% <sup>238</sup>U (που δεν είναι σχάσιμο για θερμικά νετρόνια) και μόνο το 0.7% <sup>235</sup>U που χρησιμοποιείται είναι υπεύθυνο για τη σχάση και την παραγωγή ενέργειας στους αντιδραστήρες. Γι' αυτό χρειάζεται με διάφορες διαδικασίες να το εμπλουτίσουμε σε <sup>235</sup>U, πράγμα που είναι αρκετά δαπανηρό. Από την άλλη, τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται για τη σύντηξη είναι, όπως είδαμε, ισότοπα του υδρογόνου, δηλαδή δευτέριο και τρίτιο τα οποία μπορούμε να τα διαχωρίσουμε εύκολα από το νερό. Έτσι, ένα κυβικό χιλιόμετρο θαλασσινό



Σχήμα 6: Εκκίνηση των αντιδράσεων σύντηξης μέσω ισχυρής δέσμης laser

νερό περιέχει μια ποσότητα δευτερίου ικανή να δώσει ενέργεια ίση με αυτή των συνολικών αποθεμάτων πετρελαίου στη Γη. Επίσης, από το λίθιο ( ${}^6\text{Li}$ ) με βομβαρδισμό με νετρόνια προκύπτει τρίτιο. Οπότε, εφόσον το δευτέριο και το λίθιο υπάρχουν σε μεγαλύτερη αφθονία στη Γη, σε σχέση με το ουράνιο το οποίο είναι περιορισμένο όπως και όλα τα ορυκτά καύσιμα, η σύντηξη φαίνεται να είναι καλύτερη επιλογή. Επίσης η ενέργεια που απελευθερώνεται από σύντηξη μιας ορισμένης μάζας δευτερίου είναι τέσσερις φορές μεγαλύτερη από την ίδια τη μάζα ουρανίου που σχάζεται.

Ένα πολύ σημαντικό θέμα που προκύπτει από την αξιοποίηση της πυρηνικής ενέργειας είναι η παραγωγή των ραδιενεργών αποβλήτων κατά τη λειτουργία των αντιδραστήρων. Τα ραδιενεργά κατάλοιπα που παράγονται από τους αντιδραστήρες σχάσης παραμένουν ραδιενεργά για περίπου 200 με 300 χρόνια ( ${}^{90}\text{Sr}$ ,  ${}^{137}\text{Cs}$ ) γεγονός που τα καθιστά βλαβερά και επικίνδυνα για τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Αντιθέτως, οι αντιδραστήρες σύντηξης θα παράγουν μικρές

ποσότητες ραδιενεργών κατάλοιπων τα οποία θα έχουν και μικρότερο χρόνο ζωής απ' ό,τι αυτά της σχάσης. Αυτό συνεπάγεται και μικρότερο κόστος για την ταφή των ραδιενεργών αυτών υλικών. Επίσης, στους αντιδραστήρες σύντηξης δεν παράγεται  $\text{CO}_2$  όπως γίνεται με τους αντιδραστήρες σχάσης σε μεγάλες ποσότητες. Η ασφάλεια και η αποφυγή ατυχημάτων είναι από τα σημαντικότερα θέματα που μας αφορούν. Στους αντιδραστήρες σχάσης, σε περίπτωση που ο πυρήνας του αντιδραστήρα υπερθερμανθεί λόγω κακού χειρισμού, υπάρχει σοβαρή πιθανότητα να έχουμε ρήγμα στο προστατευτικό του πυρήνα και μεγάλες ποσότητες ραδιενεργών υλικών να διαχυθούν στο περιβάλλον. Στη χειρότερη των περιπτώσεων μπορεί να ξεφύγει από τον έλεγχο ο αντιδραστήρας και να οδηγηθεί σε έκρηξη. Από την άλλη μεριά, στους αντιδραστήρες σύντηξης, λόγω του ότι είναι πολύ δύσκολο να συντηρήσουμε τη θερμοκρασία που απαιτείται για τις αντιδράσεις σύντηξης, παρέχουμε κάποιο ποσό ενέργειας. Σε περίπτωση λάθους, διακόπτεται η παροχή ενέργειας

και σχεδόν αμέσως οι αντιδράσεις σύντηξης σταματούν.

Γίνεται λοιπόν φανερό ότι η πυρηνική σύντηξη θα φέρει επανάσταση στην παραγωγή ενέργειας καθώς θα παρέχει φτηνή ηλεκτρική ενέργεια με ασφαλή τρόπο. Βέβαια, ακόμα βρίσκεται σε στάδιο έρευνας και ανάπτυξης, κάτι το οποίο απαιτεί μεγάλα χρηματικά ποσά για τα σχετικά πειράματα στα οποία συμμετέχουν επιστήμονες απ' όλο τον κόσμο. Ωστόσο, συγκριτικά με αυτά που αναμένεται να δώσει η σύντηξη στην ανθρωπότητα, το κόστος που απαιτείται είναι πολύ μικρό.

### Πηγές

- *The Physics of Inertial Fusion*, Stefano Atzeni and Jürgen Meyer-Ter-Vehn, Oxford University Press (2004) (σελ 2-3, 10-14, 48-49)
- *"Nuclear Fusion"* article by Robert W. Conn
- *Σημειώσεις "Πυρηνοσύνθεση"* Χ. Ελευθεριάδης, Θεσσαλονίκη (2009)
- [nextbigfuture.com](http://nextbigfuture.com)
- [britannica.com](http://britannica.com)
- <http://dsc.discovery.com>
- [lasers.llnl.gov](http://lasers.llnl.gov) (NIF National Ignition Facility)



## Συνέντευξη

Μια ιδέα διαφορετική από τις άλλες: *Webvistas!*

Ήταν απόγευμα Δευτέρας. Με το λάμπτοπ μου ανά χείρας ήμουν στο δρόμο προς τη Δημοτική Βιβλιοθήκη Τριανδρίας ώστε να πάρω μέρος στο βιωματικό εργαστήριο εκμάθησης του προγράμματος WolframAlpha. Μπαίνοντας στο χώρο που θα γινόταν το εργαστήριο, βολέυτηκα και κοίταξα γύρω μου. Περίπου 20 άνθρωποι όλων των ηλικιών συστήνονταν μεταξύ τους και άνοιγαν τους υπολογιστές τους. Κρουφακούγοντας λιγάκι (μεταξύ μας) πληροφορήθηκα ότι ο εξηντάρης κύριος πίσω μου ήταν δάσκαλος σε δημοτικό και η κοπέλα από την οποία είχε ζητήσει βοήθεια να συνδεθεί στο

ίντερνετ ήταν φοιτήτρια του Μαθηματικού. Ήμασταν επομένως ένα ετερόκλητο κοινό και αναρωτήθηκα τι κοινό να είχαμε και συναντηθήκαμε εκείνο το απόγευμα. Μέχρι εκείνη τη στιγμή δεν είχα παρατηρήσει ότι το εργαστήριο οργανωνόταν από μια ομάδα με το 'επαναστατικό' όνομα Webvistas. Ίδρυτής αυτής της πρωτότυπης πρωτοβουλίας είναι ο κ. Μιχάλης Βαφόπουλος, διδάσκων σε μεταπτυχιακό πρόγραμμα του Ε.Μ.Π., ο οποίος μας μίλησε για την αρχή, τους στόχους και τις δράσεις των Webvistas.

Τί είναι λοιπόν αυτή η ομάδα; Είναι μια ανοιχτή, διεπιστημονική, δια-

πανεπιστημιακή εθελοντική ομάδα που εργάζεται για ένα διαδίκτυο ανοιχτό, ελεύθερο και συμπληρωματικό. Με λίγα λόγια βλέπουν τη χρήση του Διαδικτύου από μια πληρέστερη οπτική γωνία. Ανακαλύπτουν ακόμα και τα πιο περιέργα πράγματα που έχει να μας προσφέρει, αναλογίζονται τους κινδύνους και τα οφέλη του, τις τεχνολογίες που αναπτύσσει, τις επιστήμες που επηρεάζει, το πόσο έχει εισχωρήσει στην καθημερινή μας ζωή και όλα αυτά τα μοιράζονται μαζί μας μέσω βιωματικών εργαστηρίων, ένα εκ των οποίων ήμουν έτοιμη να παρακολουθήσω κι εγώ.

Ο κύριος Βαφόπουλος είχε καταφέρει να μου τραβήξει την προσοχή. Αμέσως μετά μας σύστησε τους 2 βοηθούς του, την Ιωάννα Παπατούμα μεταπτυχιακή φοιτήτρια στο Μαθηματικό τμήμα του Α.Π.Θ., και τον Ανδρέα Ζιούπο, τελειόφοιτο της ίδιας σχολής. Το κύριο μέρος του εργαστηρίου ξεκίνησε με τη γνωριμία μας με τη μηχανή αναζήτησης WolframAlpha. Πρέπει να ομολογήσω ότι παρόλο που γνώριζα την ύπαρξή της και την είχα χρησιμοποιήσει πολλές φορές για να ολοκληρώσω συναρτήσεις, δεν είχα συνειδητοποιήσει το εύρος των δυνατοτήτων που προσφέρει αλλά και τη φιλοσοφία που κρύβει πίσω της. Πολύ γρήγορα μετά την αναλυτική παρουσίαση της Ιωάννας η συζήτηση ανάμεσα στους εισηγητές και σε εμάς τους μαθητές επεκτάθηκε στη γενικότερη χρήση του διαδικτύου. Οι καθηγητές αναρωτήθηκαν κατά πόσο ένας μαθητής του γυμνασίου είναι σε θέση να το χρησιμοποιήσει χωρίς να κάνει μια απλή αντιγραφή των άρθρων που θα βρει, οι φοιτητές συζητήσαν για προγράμματα που τους βοηθάνε σε μαθηματικά προβλήματα, ο κύριος Βαφόπουλος μας τόνιζε τις πολλές δυνατότητες που είχαμε κυριολεκτικά μέσα στα χέρια μας και δεν τις εκμεταλλευόμασταν. Με το κεφάλι γεμάτο ιδέες δεν κατάλαβα πώς πέρασε η ώρα και το εργαστήριο είχε τελειώσει. Πλησίασα κατευθείαν τον Ανδρέα και συμφωνήσαμε να μιλήσουμε περαιτέρω για το πώς αυτή η πρωτοβουλία μπορεί να διαδοθεί και να γίνει περισσότερο γνωστή στο ευρύτερο κοινό.

Τον ρώτησα **γιατί ασχολήθηκε με αυτή την πρωτοβουλία**, και τι πίστευε ότι έχει να δώσει στους χρήστες. «Όσο ήμουν φοιτητής του Μαθηματικού, «κυνηγούσα» όλα τα μαθήματα που είχαν σχέση με το Διαδίκτυο και την τεχνο-οικονομική προσέγγιση αυτού. Κάπως έτσι ήρθε και η γνωριμία μου με την κοινότητα των *Webvistas*, μέσα από το μάθημα του κ. Βαφόπουλου «Οικονομικά υποδείγματα στο Διαδίκτυο και η γλώσσα *MathML*». Το ενδιαφέρον μου, απίστευτο. Η θέληση του κ. Βαφόπουλου

να συνεργαστεί με άτομα με μεράκι και αγάπη για το αντικείμενο, μεγάλη. Το μοντέλο της αυθεντίας αποτελεί παρελθόν και πλέον κυριαρχεί η συλλογική ευφυΐα, κανόνας άρρηκτα συνδεδεμένος με την κοινότητά μας. Κάνοντας την αυτοκριτική μου αλλά και έχοντας εμπειρία από πλειάδα περιπτώσεων ατόμων με ελάχιστη έως μηδαμινή γνώση του διαδικτύου, αποφάσισα πως η εργασία μου μέσα στους *Webvistas* θα πρόσφερε όχι μόνο στον κόσμο που θέλει να μάθει να χειρίζεται καλύτερα και με μεγαλύτερη ασφάλεια το διαδίκτυο αλλά και σε εμένα τον ίδιο, εμπλουτίζοντας μου τις γνώσεις, τη συνεργατικότητα και την εμπειρία ανάληψης-υλοποίησης projects. Η ζωή είναι έξω από το Διαδίκτυο. Μπορεί όμως να γίνει καλύτερη με αυτό!»

Το είχα πάρει λίγο πατριωτικά λοιπόν το ζήτημα (αν δεν παινέψεις το σπίτι σου...) και ζήτησα και από τον κύριο Βαφόπουλο να μου πει δυο λόγια ώστε να **κατανοήσω κι εγώ καλύτερα τους *Webvistas***.

«Η κοινότητα των *Webvistas* προέκυψε από την ανάγκη συνεργασίας στα πολύπλοκα και ενδιαφέροντα ζητήματα του διαδικτύου. Μέσα στο αμφιθέατρο και στις συζητήσεις στην παρέα συμφωνήσαμε ότι πρέπει να συντονίσουμε την προσπάθειά μας για μια καλύτερη ζωή με το διαδίκτυο. Ξεκινήσαμε με το φόρουμ *webvistas.org* και τώρα είμαστε έτοιμοι να συγκροτήσουμε την νομική μας μορφή ως Κοινωνική Επιχείρηση για να μεταφέρουμε τη δράση μας σε όλη την Ελλάδα. Στόχος μας είναι να θέσουμε το ερώτημα “τι θέλουμε από το Διαδίκτυο και πως θα το πετύχουμε”. Από το Πανεπιστήμιο πηγαίνουμε να συναντήσουμε τον κάθε χρήστη στην πλατεία, στη βιβλιοθήκη, στα σχολεία και όπου αλλού υπάρχουν άνθρωποι με ενδιαφέρον ως εκπαιδευτές ή εκπαιδευόμενοι. Από τις ρυθμίσεις του Facebook και την καλύτερη αναζήτηση στη Google μέχρι τα ζητήματα ελευθερίας που θέτουν τα ανοιχτά δεδομένα, βάζουμε στο τραπέζι τις συνθήκες online διαβίωσης σε μια γλώσσα κατανοητή για κάθε χρήστη.»

Επιστρέφοντας στο σπίτι, επισκέφτηκα την ιστοσελίδα τους. Μου προκάλεσε έκπληξη το εύρος των δράσεων τους, το πόσο καλά έχουν δομήσει την ταυτότητά τους και η ποικιλία των θεμάτων προς συζήτηση! Για να πάρετε κι εσείς μια γεύση, παραθέτω μερικά αποσπάσματα τα οποία διάβασα κι εγώ:

«...Οραματιζόμαστε, πέρα από τον πολλαπλασιασμό των διαθέσιμων υπηρεσιών στο Διαδίκτυο, την ανάκτηση ενός ζωτικού μέρους του ψηφιακού χώρου από τους χρήστες. Στοχεύουμε στην ενδυνάμωση του ατομικού ψηφιακού χώρου για κάθε πολίτη, ενταγμένο στο συλλογικό γίνεσθαι, κατά αντιστοιχία με το φυσικό χώρο (π.χ. σπίτι, χώρος εργασίας)...»

«...Το Διαδίκτυο αποτελεί ένα κρίσιμο τεχνο-κοινωνικό σύστημα, για την ελευθερία, τη μόρφωση, την επικοινωνία, τη δια-δημιουργία, την καινοτομία, την ψυχαγωγία και την κοινωνική ανάπτυξη...»

Τα θέματα που συζητούνται στο φόρουμ, πολυποικίλα: η δημιουργία του διαδικτύου, οι νέες αξίες με το διαδίκτυο, το διαδίκτυο σήμερα και αύριο, καινούρια gadgets, επιστήμες και διαδίκτυο και πάρα πολλά ακόμα. Οι δράσεις που οργανώνουν παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον και είναι ενδεικτικές της όρεξης με την οποία δουλεύουν: το Course Project για φοιτητές, το Webfest που έγινε στη Βέροια αλλά και τα εργαστήρια στις βιβλιοθήκες του Δήμου Θεσσαλονίκης, εκεί δηλαδή που τους γνώρισα κι εγώ. Ελπίζω να κατάφερα να σκιαγραφήσω ένα κομμάτι των *Webvistas*. Η αλήθεια είναι ότι η ομάδα είναι τόσο πολυδιάστατη, που δεν είμαι καθόλου σίγουρη ότι έκανα καλή δουλειά. Η μόνη λύση είναι να επισκεφτείτε την ιστοσελίδα τους και να δείτε μόνοι σας αυτά που παρέλειψα εγώ.

Δάφνη Παρλιάρη  
Φοιτήτρια Τμ. Φυσικής

Επικοινωνία:  
www.webvistas.org  
vafopoulos@gmail.com  
andreaszioupos@gmail.com



# Συνέβησαν στο Τμήμα

## ● Ορκωμοσία πτυχιούχων

Την Πέμπτη 21/3/2013 πραγματοποιήθηκε στην Αίθουσα Τελετών του Α.Π.Θ. η ορκωμοσία των νέων πτυχιούχων του Τμήματος Φυσικής.



### ΟΙ ΝΕΟΙ ΠΤΥΧΙΟΥΧΟΙ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ 21-3-2013

|               |                  |                |                  |
|---------------|------------------|----------------|------------------|
| ΑΘΑΝΑΣΙΑΔΟΥ   | ΣΟΦΙΑ            | ΛΕΥΚΟΣ         | ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ        |
| ΑΣΛΑΝΙΔΟΥ     | ΧΡΙΣΤΙΝΑ         | ΜΑΤΑΜΗΣ        | ΑΛΕΞΙΟΣ          |
| ΒΑΚΙΡΤΖΗΣ     | ΘΕΟΔΩΡΟΣ         | ΜΑΥΡΟΜΑΤΑΚΗ    | ΛΥΔΙΑ            |
| ΒΑΣΙΛΟΥ       | ΑΦΡΟΔΙΤΗ         | ΜΠΟΛΗΣ         | ΣΤΕΦΑΝΟΣ         |
| ΒΕΡΑΣ         | ΙΩΑΝΝΗ           | ΜΠΡΕΣΣΙ ΔΟΥΜΑΣ | ΜΠΡΟΥΝΟ          |
| ΒΛΑΣΑΚΟΥΔΗΣ   | ΓΕΩΡΓΙΟΣ         | ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΥ     |                  |
| ΓΕΩΡΓΙΟΥ Ε.   | ΓΕΩΡΓΙΟΣ         | ΑΒΡΑΜΗΣ        | ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ       |
| ΓΕΩΡΓΙΟΥ Χ.   | ΓΕΩΡΓΙΟΣ         | ΠΑΝΟΥΤΣΟΠΟΥΛΟΣ | ΣΤΑΪΚΟΣ          |
| ΓΚΟΤΣΗΣ       | ΗΛΙΑΣ            | ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ   | ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣ       |
| ΔΑΜΟΥΛΑΚΗΣ    | ΜΑΤΘΑΙΟΣ         | ΠΟΥΛΩΡΑΚΗ      | ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ       |
| ΔΗΜΗΤΡΙΑΔΗΣ   | ΗΛΙΑΣ            | ΡΟΣΚΑΣ         | ΧΡΗΣΤΟΣ          |
| ΕΜΜΑΝΟΥΗΛΙΔΟΥ | ΕΥΔΟΞΙΑ          | ΣΑΒΒΑ          | ΜΑΡΙΝΑ           |
| ΙΑΚΩΒΙΔΗΣ     | ΘΕΟΠΙΣΤΟΣ        | ΣΑΜΙΟΣ         | ΠΑΡΑΣΧΟΣ         |
| ΚΑΪΜΑΚΑΜΗ     | ΜΑΡΙΑ            | ΣΑΝΤΟΡΙΝΑΙΟΥ   | ΝΕΦΕΛΗ ΔΟΜΝΙΚΗ   |
| ΚΑΛΤΣΑΣ       | ΘΕΟΔΩΡΟΣ         | ΣΚΟΥΦΙΑ        | ΜΑΡΙΑ            |
| ΚΑΡΑΘΑΝΟΥ     | ΑΛΙΚΗ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ  | ΣΠΥΡΙΔΩΝΙΔΗΣ   | ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ      |
| ΚΑΡΦΑΡΙΔΗΣ    | ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ        | ΣΤΑΧΤΑΡΗΣ      | ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ       |
| ΚΙΤΣΙΟΣ       | ΣΤΑΥΡΟΣ          | ΣΥΛΙΒΑΝΗΣ      | ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ |
| ΚΟΥΡΦΑΛΗ      | ΣΟΦΙΑ- ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ | ΤΖΟΥΦΚΑ        | ΚΑΛΛΙΟΠΗ         |
| ΚΡΙΝΤΗΡΑΣ     | ΓΕΩΡΓΙΟΣ         | ΤΣΙΒΑΚΑ        | ΔΗΜΗΤΡΑ          |
| ΛΑΜΠΡΟΥ       | ΛΑΜΠΡΙΝΗ         | ΦΑΦΚΑΣ         | ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ        |
|               |                  | ΧΑΛΗΑ          | ΑΧΜΕΝΤ           |
|               |                  | ΧΑΜΑΛΗΣ        | ΧΑΡΗΣ            |

## • Ορκωμοσία διδασκόντων

Στις 28/1/2013 και 4/7/2013 ορκίστηκαν οι νέοι διδάκτορες του Τμήματος Φυσικής.

### Ορκωμοσία 28<sup>ης</sup> Ιανουαρίου

| Όνοματεπώνυμο              | Επιβλέπων       | Θέμα   |
|----------------------------|-----------------|--|
| Σαρακίνου Ελένη            | Ν. Φράγκης      | Προσδιορισμός κρυσταλλικών δομών με δεδομένα περίθλασης ηλεκτρονίων και ηλεκτρονικής μικροσκοπίας υψηλής διακριτικής ικανότητας. |
| Πιεράτος Θεόδωρος          | Χ. Πολάτογλου   | Μελέτη διδακτικών δράσεων για τη διδακτική της Φυσικής μέσω καταγραφής και αποτίμησης.   |
| Αντωνιάδης Γεώργιος        | Κ. Χρυσάφης     | Θερμική ανάλυση νανοσύνθετων υλικών.   |
| Βαφειάδης Θεοδ.-<br>Αναστ. | Χ. Ελευθεριάδης | Συμβολή στην έρευνα των ηλιακών αξιονίων στο πείραμα CAST.   |

### Ορκωμοσία 4<sup>ης</sup> Ιουλίου

| Όνοματεπώνυμο               | Επιβλέπων      | Θέμα  |
|-----------------------------|----------------|---|
| Πετρίδης Ανδρέας            | Χ. Πετρίδου    | Μελέτη αλληλεπιδράσεων του Καθιερωμένου Προτύπου με λεπτόνια μεγάλης εγκάρσιας ορμής, με τα πρώτα δεδομένα του ATLAS.               |
| Καλεντερίδης Βασίλειος      | Σ. Σίσκος      | Μελέτη και σχεδιασμός ολοκληρωμένων κυκλωμάτων για εφαρμογές υψηλών συχνοτήτων.   |
| Ζυριχίδου Ειρήνη            | Δ. Μπαλής      | Δορυφορική τηλεπισκόπηση ατμοσφαιρικών συστατικών.  |
| Γιάνναρος Θεόδωρος          | Δ. Μελάς       | Μελέτη της Αστικής Θερμικής Νησίδας με Εφαρμογή Ατμοσφαιρικού Μοντέλου Μέσης Κλίμακας και Ανάλυση Πειραματικών Δεδομένων.           |
| Καραγιαννίδης<br>Παναγιώτης | Σ. Λογοθετίδης | Ανάπτυξη και μελέτη λεπτών υμενίων και κατασκευή οργανικών φωτοβολταϊκών διατάξεων.   |
| Ζεμπίλα Μαρία-Ελενα         | Α. Μπάης       | Κλιματολογική μελέτη της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου.                                     |
| Κοϊδης Χρίστος              | Σ. Λογοθετίδης | Ανάπτυξη και μελέτη ανόργανων και οργανικών λεπτών υμενίων με τεχνολογίες κενού και εκτύπωσης για εύκαμπτες ηλεκτρονικές διατάξεις. |

## ● Συνέδρια & σχολεία

### Χειμερινό Σχολείο

ISOTDAQ 2013 -

4<sup>th</sup> International School for  
Trigger and Data Acquisition

[www.isotdaq2013.physics.auth.gr](http://www.isotdaq2013.physics.auth.gr)

Στις 1-8 Φεβρουαρίου 2013 πραγματοποιήθηκε στο ΚΕ.Δ.Ε.Α. (κτίριο της Επιτροπής Ερευνών) το 4<sup>ο</sup> Διεθνές Σχολείο για Επιλογή και Συλλογή Δεδομένων ("ISOTDAQ 2013 - 4th International School for Trigger and Data Acquisition"). Το συγκεκριμένο Σχολείο πραγματοποιείται κάθε χρόνο στις αρχές Φεβρουαρίου, και φέτος διοργανώθηκε στη Θεσσαλονίκη από τον Τομέα Πυρηνικής Φυσικής και Φυσικής Στοιχειωδών Σωματιδίων του Τμήματος Φυσικής του Α.Π.Θ., με τη σημαντική συμβολή του Εργαστηρίου CERN όπως κάθε χρόνο. Η ερευνητική ομάδα του Α.Π.Θ. συμμετέχει ενεργά στο πείραμα ATLAS στο CERN και οι τοπικοί διοργανωτές ήταν μέλη της ομάδας αυτής: η Καθηγήτρια Χαρά Πετρίδου, ο Επίκουρος Καθηγητής Δημήτρης Σαμψωνίδης, ο Λέκτορας Κωνσταντίνος Κορδάς (υπεύθυνος της διοργάνωσης), και οι υποψήφιοι διδάκτορες Δημήτρης Ηλιάδης και Ιωάννης Νομίδης.

Το σχολείο έφερε φοιτητές Μάστερ και Διδακτορικούς από διάφορα Πανεπιστήμια ανά τον κόσμο για να εκπαιδευτούν με διαλέξεις (50%) και εργαστηριακές ασκήσεις (50%) από ειδικούς σε επιλογή και συλλογή δεδομένων (Trigger και Data Acquisition). Πάνω από 70 φοιτητές έκαναν αίτηση για το σχολείο φέτος και επελέγησαν 51, από 17 χώρες (μέχρι κι από Ιαπωνία). Οι 28 διδάσκοντες έρχονταν από 10 χώρες. Αξίζει να



Εργαστηριακές διατάξεις στο υπόγειο του ΚΕ.Δ.Ε.Α.

σημειωθεί ότι το 10% των φοιτητών και 10% των διδασκόντων ήταν από την Ελλάδα.

Το σχολείο προσέφερε μια μοναδική ευκαιρία στους φοιτητές να μάθουν πώς χτίζεται ένα καλό σύστημα online επιλογής και συλλογής δεδομένων: με τις 12 εργαστηριακές ασκήσεις οι φοιτητές απέκτησαν από πρώτο χέρι εμπειρία για το σχεδιασμό και το hardware τέτοιων συστημάτων με

μικρά πειράματα που έγιναν στο εργαστήριο, αλλά έδειξαν τη μέθοδο και τα εργαλεία για τα σημερινά, όλο και πολυπλοκότερα, πειράματα στη Φυσική Στοιχειωδών Σωματιδίων στον επιταχυντή LHC του CERN. Όπως είπε και η κα. Καλλιόπη Λουίτζα Σωτηροπούλου, υποψήφια διδάκτορας του Τμήματος Φυσικής με τον κ. Σπύρο Νικολαΐδη και μιά από τις 2 φοιτήτριες του σχολείου από το ΑΠΘ (η δεύτερη ήταν η κα. Βασιλική



Ομαδική φωτογραφία (photopress © Tsouflidis)

Κούσκουρα, υποψήφια Διδάκτορας στο πείραμα ATLAS με την κα. Χαρά Πετρίδου): “Οι περισσότερες ασκήσεις ήταν σαφώς χρήσιμες και για όλους εμάς που δεν έχουμε ειδικότητα στα πειράματα στοιχειωδών σωματιδίων. Τα ηλεκτρονικά και οι μικροελεγκτές, η δειγματοληψία σήματος, η αποθήκευση δεδομένων με κλωνοποίηση σκληρών δίσκων (συστήματα RAID), η διαχείριση δικτύων, η αναγνώριση προτύπων (pattern matching) με FPGA, κ.ά. είναι εργαλεία για μια μεγάλη γκάμα πειραμάτων, ανεξάρτητα από το συγκεκριμένο πεδίο εφαρμογών.”

Για τους σκοπούς του σχολείου, με τη σημαντικότερη βοήθεια και υποστήριξη του προσωπικού του ΚΕ.Δ.Ε.Α., το φουαγιέ στο υπόγειο του κτιρίου μετατράπηκε για μία εβδομάδα σε εργαστήριο υψηλών προδιαγραφών. Κατά γενική ομολογία των συμμετεχόντων, ο φετινός χώρος και εγκαταστάσεις γενικά, ήταν οι καλύτερες από όσους έχουν διατεθεί στα σχολεία ISOTDAQ!

Στα πλαίσια του Σχολείου πραγματοποιήθηκαν και οι παρακάτω παρουσιάσεις γενικότερου ενδιαφέροντος:

1. “The CERN Scientific Programme” από τον Υποδιευθυντή του Τμήματος Φυσικής του CERN, Livio Mapelli
2. “System administration work and opportunities in large Trigger and Data Acquisition systems – the ATLAS example” από τον Υπεύθυνο των «System Administrators» του πειράματος ATLAS στο CERN, Sergio Ballestrero,
3. “A message from AIDA - Advance European Infrastructures for Detectors at Accelerators” από τον Μηχανικό του CERN, Markus Joos.

4. “The Antikythera mechanism – from the bottom of the sea to the scrutiny of the modern technology” από τον Καθηγητή του Τμήματος Φυσικής του Α.Π.Θ., Γιάννη Σειραδάκη.

Το επόμενο Χειμερινό Σχολείο ISOTDAQ2014 θα πραγματοποιηθεί στη Βουδαπέστη αρχές Φεβρουαρίου του 2014.

## Εκπαιδευτικό σχολείο TOSCA

### Impact of solar variability on climate

#### (Επιδράσεις της ηλιακής δραστηριότητας στο κλίμα)

Στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Δράσης COST ES1005 - TOSCA (“Towards a more complete assessment of the impact of solar variability on the Earth’s climate) το εργαστήριο Φυσικής της Ατμόσφαιρας συνδιοργάνωσε εκπαιδευτικό σχολείο με θέμα τις επιδράσεις της ηλιακής δραστηριότητας στο κλίμα της Γης (<http://sun2climate.sciencesconf.org/>). Το σχολείο πραγματοποιήθηκε στις 10-15 Μαρτίου 2013 και το παρακολούθησαν 28 μεταπτυχιακοί φοιτητές, υποψήφιοι

διδάκτορες και μεταδιδακτορικοί ερευνητές από 17 διαφορετικές χώρες με διαφορετικά γνωστικά αντικείμενα (εξειδίκευση στη μετεωρολογία, ωκεανογραφία, αστρονομία, γεωμαγνητισμό κ.α.). Αυτό είναι και το πνεύμα της Δράσης COST-TOSCA, καθώς προσπαθεί να συνθέσει γνώση από διαφορετικές επιστημονικές κοινότητες για την πληρέστερη κατανόηση βασικών ερωτημάτων που σχετίζονται με την επίδραση του Ηλίου στο κλίμα τα οποία παραμένουν αναπάντητα. Οι διαλέξεις αναφέρθηκαν στη σύγχρονη έρευνα, στις πιθανές επιδράσεις των μεταβολών της ηλιακής ακτινοβολίας, των φορτισμένων ηλιακών σωματιδίων και των κοσμικών ακτίνων τόσο στην ατμόσφαιρα όσο και στους ωκεανούς. Μια ημέρα ήταν αφιερωμένη σε πρακτικές ασκήσεις με το online πρόγραμμα Substorm Zoo (<http://www.substormzoo.org/>). Μια πρωτοτυπία του σχολείου ήταν η προβολή δυο αντικρουόμενων ταινιών (“Inconvenient truth” και “The global warming swindle”) σχετικά με τις αιτίες της παρατηρούμενης παγκό-



Ομαδική φωτογραφία από το σχολείο TOSCA

σμιας κλιματικής μεταβολής. Η συζήτηση, που ακολούθησε ανέδειξε με τον καλύτερο τρόπο τις δυσκολίες που μπορεί να αντιμετωπίσει ένας ερευνητής όταν δεν έχει εκπαιδευτεί κατάλληλα στην επιστημονική

επιχειρηματολογία (debate). Στο σχολείο συμμετείχαν τρεις μεταπτυχιακοί φοιτητές του εργαστηρίου ενώ η Επικ. Καθηγήτρια κ. Κλεαρέτη Τουρπάλη σαν συν-διοργανώτρια συντόνισε την οργάνωση. Η Δρά-

ση COST-TOSCA θα οργανώσει ένα δεύτερο σχολείο το 2014 στο οποίο φοιτητές του Τμήματος θα μπορούσαν να συμμετάσχουν.

*Στέργιος Μήσιος*

## ● Σεμινάρια του Τμήματος Φυσικής

Όπως κάθε χρόνο έτσι και στη διάρκεια της φετινής ακαδημαϊκής χρονιάς, πραγματοποιήθηκαν τα Σεμινάρια «της Τετάρτης» από διακεκριμένους επιστήμονες. Τα σεμινάρια αποτελούν θεσμό στο Τμήμα και απευθύνονται σε προπτυχιακούς και μεταπτυχιακούς φοιτητές, ερευνητές και μέλη ΔΕΠ του Τμήματος.

**24/4/2013**

**«String theory and attempts for unification»**

Πετρόπουλος Μάριος  
Καθηγητής  
Ecole Polytechnique, Paris

**15/5/2013**

**«En Chordais: μία περιήγηση στον κόσμο της σύγχρονης θεμελιώδους Φυσικής»**

Αναστάσιος Πέτκου  
Αναπληρωτής Καθηγητής  
Τμήμα Φυσικής, ΑΠΘ

**29/5/2013**

**«Ρομπότ με όραση και ικανότητες: παρόν και προοπτικές»**

Λάζαρος Ναλπαντίδης  
Επίκουρος Καθηγητής  
Aalborg University, Denmark



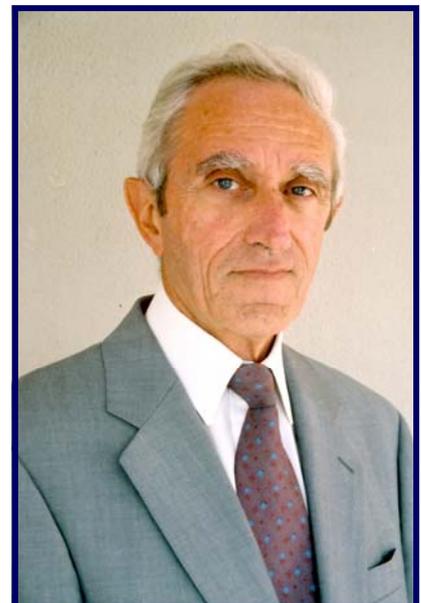
## Αυτοί που έφυγαν...

### ● Ιωάννης Χατζηδημητρίου

Ο Ιωάννης Χατζηδημητρίου, που απεβίωσε στις 22 Μαρτίου 2013, υπήρξε μια σημαντική διεθνής φυσιογνομία στον επιστημονικό χώρο της Θεωρητικής Μηχανικής. Αφιέρωσε σχεδόν όλη την επιστημονική δραστηριότητά του στο Τμήμα Φυσικής του ΑΠΘ, του οποίου υπήρξε καθηγητής επί 35 έτη από το 1970.

Ο Ι. Χατζηδημητρίου γεννήθηκε στη Θεσσαλονίκη το 1937. Σπούδασε Μαθηματικά στο ΑΠΘ και πήρε το πτυχίο του το 1959. Συνέχισε τις σπουδές του στο Πανεπιστήμιο του Manchester απ' όπου, με επι-

βλέποντα καθηγητή τον Zdenek Kopal, πήρε το διδακτορικό του δίπλωμα το 1965. Το 1970 εκλέχτηκε Καθηγητής στην έδρα της Μηχανικής της τότε Φυσικομαθηματικής Σχολής του ΑΠΘ και αργότερα εντάχθηκε ως καθηγητής στο Τμήμα Φυσικής. Υπηρέτησε ανελλιπώς το Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης από την εκλογή του σε θέση Καθηγητή έως το έτος 2005, οπότε συνταξιοδοτήθηκε λόγω ορίου ηλικίας. Συνέχισε όμως να υπηρετεί το τμήμα Φυσικής από την θέση του Ομότιμου Καθηγητή μέχρι τον θάνατό του, τόσο διδάσκο-



ντας στο ΠΜΣ Ηλεκτρονικής Φυσικής όσο και συνεχίζοντας την ερευνητική δραστηριότητά του στην Ουράνια Μηχανική.

Η διεθνής αναγνώριση του Ι. Χατζηδημητρίου σηματοδοτείται από την εκλογή του για τέσσερις συνεχόμενες τριετείς θητείες, από το 1979, ως μέλους της Επιστημονικής Επιτροπής του τομέα της Ουράνιας Μηχανικής της Διεθνούς Αστρονομικής Ένωσης (Commission 7 of IAU). Μάλιστα διετέλεσε και πρόεδρος της παραπάνω επιτροπής την περίοδο 2000-2003. Ήταν για πάνω από τριάντα χρόνια μέλος της εκδοτικής ομάδας του περιοδικού *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy*. Ήταν ιδρυτικό μέλος της Ελληνικής Αστρονομικής Εταιρείας, της οποίας διετέλεσε αντιπρόεδρος την περίοδο 1994-1998. Το 2008 εκλέχτηκε αντεπιστέλλον μέλος της Ακαδημίας Αθηνών. Το Σπουδαστήριο Μηχανικής του Τμήματος Φυσικής διοργάνωσε προς τιμή του ένα διεθνές συνέδριο με τίτλο «Δυναμική Ουρανίων Σωμάτων», το οποίο πραγματοποιήθηκε στο Λιτόχωρο Πιερίας στο διάστημα 23-26 Ιουνίου 2008. Στο συνέδριο αυτό τον τίμησαν με την παρουσία τους πολλοί επιφανείς σύγχρονοι ερευνητές της Ουράνιας Μηχανικής.

Η διδακτορική διατριβή του Ι. Χατζηδημητρίου είχε τίτλο «Το πρόβλημα των δύο σωμάτων με μεταβαλλόμενη μάζα». Η πρώτη του εργασία (*Icarus* 2, 440, 1963), που προέκυψε από την παραπάνω έρευνα, περιέχει ένα θεμελιώδες συμπέρασμα της Κλασικής Μηχανικής, σύμφωνα με το οποίο «η ισό-

τροπη απώλεια μάζας από ένα διπλό σύστημα σωμάτων ισοδυναμεί με την επίδραση μιας υποθετικής δύναμης

$$\mathbf{P} = -\frac{1}{2} \frac{d}{dt} (\ln m) \mathbf{v}$$

η οποία ωθεί τα σώματα κατά μήκος της τροχιάς τους». Στη συνέχεια το επιστημονικό έργο του Ι. Χατζηδημητρίου εστιάστηκε στις περιοδικές τροχιές του προβλήματος των τριών σωμάτων και η πρώτη πρωτότυπη εργασία του στο θέμα αυτό είχε τον τίτλο «Συνέχιση των περιοδικών τροχιών από το περιορισμένο στο γενικό πρόβλημα των τριών σωμάτων» (*Celestial Mechanics* 12, 155, 1975). Η εργασία αυτή αποτέλεσε την αρχή στην οποία στηρίχτηκε ένα μεγάλο μέρος της ερευνητικής δραστηριότητας του Σπουδαστηρίου Μηχανικής κατά τη δεκαετία 1975-1985 και αρκετά διδακτορικά. Τη δεκαετία του 1990 ασχολήθηκε με την κίνηση των αστεροειδών και τη δυναμική των συντονισμών στο Ηλιακό Σύστημα. Η εργασία με τίτλο «Μοντέλα απεικονίσεων για Χαμιλτονιανά συστήματα με εφαρμογές στην κίνηση αστεροειδών σε συντονισμούς» (in "Predictability, Stability and Chaos", ed. A.E. Roy, Kluwer Acad. Publ., 1991) αναγνωρίστηκε ευρέως από τη διεθνή επιστημονική κοινότητα και το μοντέλο δυναμικής που πρότεινε είναι γνωστό σήμερα ως "Hadjidemetriou's map". Τα τελευταία χρόνια εργάστηκε πάνω στη δυναμική των εξωηλιακών πλανητικών συστημάτων, δείχνοντας ότι οι περιοδικές τροχιές αυτών των συστημάτων μπορούν να καθορίσουν τη θέση και

την μακρόχρονη ευστάθεια των πλανητών τους.

Πέρα από την πολύ αξιόλογη ερευνητική δραστηριότητά του, ο Γιάννης Χατζηδημητρίου υπήρξε ένας εξαιρετος δάσκαλος. Η πρώτη του επαφή με τη διδασκαλία ήταν οι φροντιστηριακές ασκήσεις μαθηματικών στους φοιτητές του Φαρμακευτικού Τμήματος, το έτος 1958. Πολλοί καθηγητές του Τμήματός μας ευτύχησαν να είναι μαθητές του στο μάθημα της Θεωρητικής Μηχανικής και όλοι αναγνωρίζουν την εξαιρετική διδακτική ικανότητά του και τη βαθιά γνώση του αντικειμένου που δίδασκε. Συνέγραψε δύο διδακτικά βιβλία πανεπιστημιακού επιπέδου με τίτλους «Μηχανική Συνεχών Μέσων» και «Θεωρητική Μηχανική». Το δεύτερο απ' αυτά, που παρουσιάζεται σε κάποιες εκδόσεις και ως δίτομο, διδάσκεται από το 1970 μέχρι σήμερα στο Τμήμα μας (καθώς και σε άλλα πανεπιστημιακά Τμήματα) και έχει ανανεωθεί τρεις φορές. Η διδασκαλία του δεν περιορίστηκε μόνο στο Τμήμα μας αλλά συμμετείχε και ως προσκεκλημένος καθηγητής σε πολλά ελληνικά και διεθνή σχολεία.

Ίσως όμως το σημαντικότερο χαρακτηριστικό του Γιάννη Χατζηδημητρίου να ήταν η ανθρωπιά, η ευγένεια και η αξιοπρέπείά του, που επηρέαζαν βαθύτατα όσους είχαν την τύχη να συνεργαστούν μαζί του.

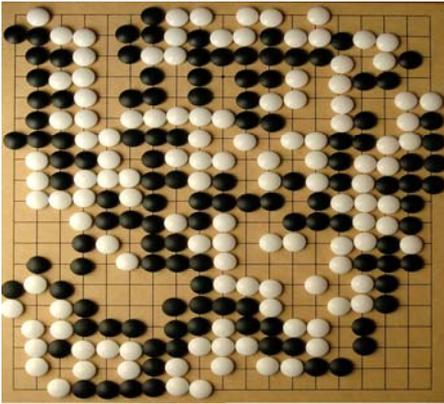
*Γεώργιος Βουγιατζής  
Επικ. Καθ. Τμ. Φυσικής*



# Go: το παιχνίδι στρατηγικής του σύμπαντος!



**Αλέξης Βουδούρης**  
Φοιτητής Τμ. Φυσικής



*While the Baroque rules of chess could only have been created by humans, the rules of go are so elegant, organic, and rigorously logical that if intelligent life forms exist elsewhere in the universe, they almost certainly play go.*

**Edward Lasker,**  
**Chess International Master.**

Το Go ή Igo στα Ιαπωνικά που είναι και η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη ονομασία (weiqi στα κινέζικα, baduk στα κορεάτικα) είναι ένα παιχνίδι στρατηγικής για δύο παίκτες. Θεωρείται το αρχαιότερο επιτραπέζιο παιχνίδι στρατηγικής στον πλανήτη, με ηλικία μεγαλύτερη από 2.500 χρόνια. Παίζεται με μαύρες και άσπρες πέτρες οι οποίες τοποθετούνται στα σημεία τομής ευθειών ταμπλό 19x19. Ένα από τα πιο ενδιαφέροντα στοιχεία του συγκεκριμένου παιχνιδιού είναι η αντίθεση μεταξύ των πολύ απλών βασικών κανόνων και της πολυπλοκότητας που προκύπτει τελικά. Οι ικανότητες που απαιτούνται για την κατανόησή του (αναλυτική σκέψη,

στρατηγική αντίληψη κ.τ.λ.) είναι οι ίδιες με αυτές που απαιτούνται στο σκάκι, και μαζί με το τελευταίο θεωρούνται η επιτομή των πνευματικών αθλημάτων.

## Ιστορία του Go

Το παιχνίδι έχει καταγωγή από την Κίνα και οι πρώτες γραπτές ιστορικές αναφορές γι' αυτό υπάρχουν στα ιστορικά χρονικά Zuo Zhuan, ένα από τα πρώτα έργα κινεζικής ιστορίας που καλύπτουν την περίοδο 722-468 π.Χ., καθώς επίσης και στο "βιβλίο XVII" των "Analects of Confucius" (475 - 221 π.Χ.). Θρύλοι συνδέουν τη δημιουργία του με τον κινέζο αυτοκράτορα Yao (2337-2258 π.Χ.) με σκοπό την διαπαιδαγώγησή του απείθαρχου γιου του. Κατά μια άλλη άποψη, η ιδέα προέκυψε από κινέζους πολέμαρχους και στρατηγούς που τοποθετούσαν πέτρες ως αναπαράσταση στρατευμάτων.

Στην αρχαία Κίνα θεωρούνταν, μαζί με την καλλιγραφία, τη ζωγραφική και τη μουσική, οι τέσσερις τέχνες που όφειλαν να γνωρίζουν οι κινέζοι μορφωμένοι ευγενείς. Διαδόθηκε στην Ιαπωνία, στην οποία γνώρισε και τη μεγαλύτερη άνθιση, κάπου μεταξύ του 5<sup>ου</sup> και 7<sup>ου</sup> μ.Χ. αιώνα. Αρχικά θεωρούνταν παιχνίδι ευγενών και ανάμεσα στο λαό άρχισε να διαδίδεται τον 13<sup>ο</sup> αιώνα. Μετά την επανεγκατάσταση της οικομενικής εθνικής κυβέρνησης στην Ιαπωνία από τον Tokugawa Ieyasu το 1603 μ.Χ., ιδρύονται σχολές Go αναγνωρισμένες επίσημα, οι οποίες έχαιραν μεγάλου σεβα-

σμού, κάτι που βοήθησε πολύ στην ανάπτυξη του παιχνιδιού. Στην Κορέα (baduk) παιζόταν από τον 16<sup>ο</sup> αιώνα μία παραλλαγή του παιχνιδιού ενώ με τη σημερινή του μορφή εισήχθη στα τέλη του 19<sup>ο</sup> αιώνα.



Αντίθετα με τις χώρες του δυτικού κόσμου, το Go είναι στενά συνδεδεμένο με την κουλτούρα και την ιστορία και των τριών παραπάνω χωρών και χαιρεί μεγάλης εκτίμησης. Σήμερα υπάρχουν οργανισμοί και στις τρεις που προωθούν τη διάδοσή του. Επίσης οργανώνονται μεγάλα τουρνουά, τόσο διεθνή όσο και εθνικά όπου συμμετέχουν παίκτες, οι οποίοι αφιερώνουν όλο το χρόνο τους στη μελέτη του σε επαγγελματικό επίπεδο.

Στη Δύση το Go άρχισε να διαδίδεται στις αρχές του 20<sup>ου</sup>



αιώνα, χωρίς όμως μέχρι σήμερα να είναι γνωστό στο μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού. Πρώτος ο Oskar Korschelt, γερμανός μηχανικός, έγραψε ένα δοκίμιο για το παιχνίδι περί τα 1880. Ο Edward Lasker (διεθνής μαιτρ στο σκάκι), με το βιβλίο του "Go and Gomoku" (1937) βοήθησε στη διάδοσή του στην Αμερική, ενώ με τον Arthur Smith (The Game of Go, 1908) μεταξύ άλλων, ιδρύουν το "New York Go Club" στην Νέα Υόρκη.

### Μία "μαθηματική" ματιά

Ένα εντυπωσιακό χαρακτηριστικό του Go από μαθηματικής άποψης είναι ο υπολογισμός του αριθμού όλων των δυνατών παρτίδων. Αυτό έγινε από τους μαθηματικούς Tromp και Farneback οι οποίοι υπολόγισαν ότι οι δυνατές παρτίδες είναι της τάξης μεγέθους  $10^{170}$ , αριθμός μεγαλύτερος κατά πολλές τάξεις μεγέθους του αριθμού των ατόμων στο παρατηρούμενο σύμπαν  $10^{72}-10^{84}$ !

Στη θεωρία παιγνίων κατατάσσεται ως παιχνίδι στρατηγικής, zero-sum, deterministic, partisan, perfect information.

**Zero-sum:** όσο κέρδος έχει ο ένας παίχτης τόσο χάνει ο αντίπαλός του.

**Deterministic:** απουσία τύχης (ζάρια, ανακάτεμα τράπουλας κ.τ.λ.)

**Perfect information:** Οι δύο παίχτες έχουν στη διάθεσή τους όλες τις δυνατές πληροφορίες οποιαδήποτε στιγμή.

**Partisan:** Εάν ένας παίχτης κάνει μία κίνηση, αυτή δεν είναι διαθέσιμη για τον άλλον.

Στις αρχές της δεκαετίας του 1970 ο Jon Conway (καθηγητής μαθηματικών στο πανεπιστήμιο Princeton) ανακάλυψε τους υπερρεαλιστικούς αριθμούς που τον οδήγησαν

στη δημιουργία του "game of life". Ο ίδιος δηλώνει ότι βασική έμπνευση ήταν η ενασχόλησή του με το Go. Μερικές άλλες γνωστές προσωπικότητες από τον χώρο της επιστήμης που έχουν παίξει Go:

**Albert Einstein:** του προσφέρθηκε τιμητική διάκριση από το Ινστιτούτο Go της Ιαπωνίας.

**Paul Erdős:** ο πιο παραγωγικός μαθηματικός της ιστορίας, σήμερα αποτελεί βάση αναφοράς για το λεγόμενο "αριθμό Erdős", δήλωνε ότι το μοναδικό του "χόμπι" ήταν το Go.

**Jon Forbes Nash:** Βραβείο νόμπελ οικονομικών, έχει εμπνεύσει και την γνωστή ταινία "A beautiful mind" στην οποία εμφανίζεται να παίζει Go.

**Daniel Barry:** Αμερικάνος αστροναύτης, ο πρώτος άνθρωπος που έπαιξε Go στο διάστημα με τον Koichi Wakata.

### Οι κανόνες του παιχνιδιού

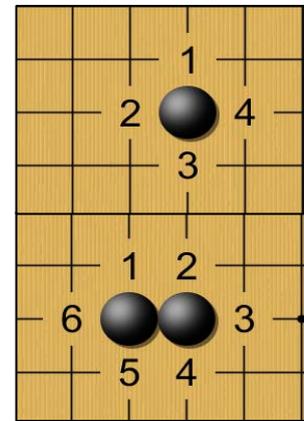
Οι κανόνες του παιχνιδιού είναι πολύ απλοί αλλά για την εμπέδωσή τους χρειάζεται κάποια πρακτική εφαρμογή.

- Το παιχνίδι παίζεται με δύο παίχτες, ο ένας έχει μαύρες (παίζει πρώτος) και ο άλλος άσπρες πέτρες τις οποίες τοποθετούν διαδοχικά σε οποιοδήποτε από τα σημεία τομής των ευθειών του ταμπλό. (Οι πέτρες δεν μπορούν να μετακινηθούν, μόνο τοποθετούνται ή απομακρύνονται από το ταμπλό).

- Το ταμπλό έχει κανονικά διαστάσεις  $19 \times 19$ , αλλά για εκπαιδευτικούς σκοπούς χρησιμοποιούνται και ταμπλό  $9 \times 9$  ή  $13 \times 13$ .

- Κάθε πέτρα που τοποθετείται έχει τόσους "βαθμούς ελευθερίας" ή "ελευθερίες" όσες είναι οι γειτονικές ελεύθερες

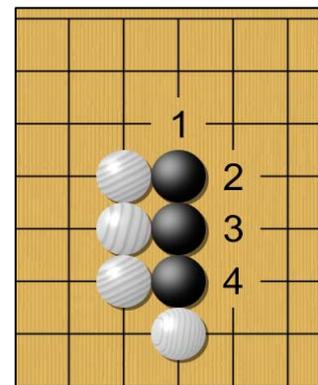
θέσεις όπου μπορεί να παιχτεί πέτρα ώστε να εφάπτεται αυτής. Εάν μία (ή περισσότερες) πέτρα εφάπτεται άλλης ίδιου χρώματος τότε αποτελούν "group" και τις μεταχειριζόμαστε ως ένα σώμα με κοινές "ελευθερίες" (διάγραμμα 1).



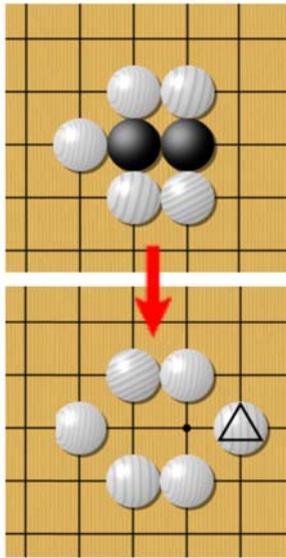
Διάγραμμα 1: Πέτρα και Group με 4 και 6 ελευθερίες αντίστοιχα

- Πέτρες του αντίθετου χρώματος αφαιρούν "ελευθερίες" των αντίπαλων πετρών που εφάπτονται (διάγραμμα 2). Όταν σε μία πέτρα ή group πετρών αφαιρείται η τελευταία ελευθερία, τότε αυτό βγαίνει από το ταμπλό (διάγραμμα 3) και οι πέτρες που το αποτελούν περνάνε στην κατοχή του παίχτη που τις "αιχμαλώτισε" ως αιχμάλωτοι (prisoners).

- Απαγορεύεται να τοποθετηθεί πέτρα σε σημείο ώστε αυτή ή το group που θα ανήκει να καθίστανται χωρίς καμία ελευ-



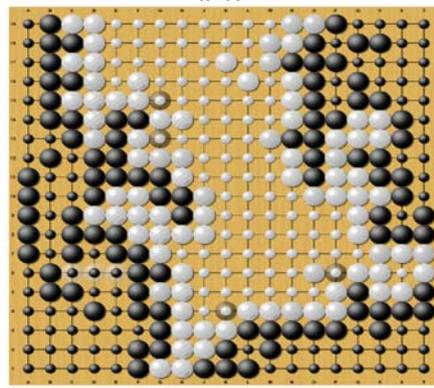
Διάγραμμα 2: Μαύρο group με 4 ελευθερίες.



Διάγραμμα 3

θερία (απαγορεύεται η “αυτοκτονία”).

- Απαγορεύεται ο παίχτης να φέρει το ταμπλό σε θέση όμοια με αυτήν που ήταν μετά την προηγούμενη φορά που έπαιξε (κανόνας KO).
- Ο σκοπός του κάθε παίκτη είναι η οριοθέτηση (περικύκλωση) άδειων περιοχών (territory) με πέτρες του χρώματός του, τις οποίες να μη μπορεί ο αντίπαλος να αφαιρέσει (αιχμαλωτίσει). Κάθε άδεια θέση σε τέτοια περιοχή δίνει 1 πόντο στο τέλος του παιχνιδιού. Επίσης 1 πόντο δίνει και ο κάθε αιχμάλωτος όπως και οι πέτρες που έχουν μείνει μέσα σε αντίπαλο χώρο χωρίς να έχουν τρόπο να αποφύγουν να αιχμαλωτιστούν.
- Το παιχνίδι τελειώνει όταν όλα τα σημεία του ταμπλό είναι κατειλημμένα ή ανήκουν στην “περιοχή” κάποιου παίχτη ή να μην μπορούν να αποτελέσουν περιοχή για κανέναν (διάγραμμα 4), σε αυτήν την κατάσταση οι δύο παίχτες δηλώνουν πάσο και αρχίζει η καταμέτρηση.
- Ο παίκτης με τα λευκά παίζει δεύτερος έχοντας ένα πλεονέκτημα 6.5 πόντων.



Διάγραμμα 4

### Go και υπολογιστές

Ιδιαίτερα όσοι ασχολούνται με τεχνητή νοημοσύνη (AI) θεωρούν το Go μία μεγάλη πρόκληση. Ο πρωταθλητής κόσμου τότε στο σκάκι Garry Kasparov, έχασε από τον υπολογιστή Deep Blue, το 1997 και από τότε οι τεχνικές και η αποτελεσματικότητα των υπολογιστών στο σκάκι έχουν βελτιωθεί, παρόλα αυτά όσον αφορά το Go μόνο πολύ πρόσφατα κατάφερε υπολογιστής να ανταγωνιστεί σε μέσο/υψηλό ερασιτεχνικό επίπεδο. Το μεγάλο μέγεθος του ταμπλό (19x19), καθώς και το γεγονός ότι ανά πάσα στιγμή είναι διαθέσιμη (σχεδόν) κάθε κίνηση στον παίκτη (δηλαδή 55 επιλογές στην πρώτη κίνηση λόγω συμμετρίας και όταν αυτή σπάσει, στις πρώτες 1-4 κινήσεις, αυτές αυξάνονται) είναι μερικά από τα προβλήματα που δυσκολεύουν την κατασκευή ενός προγράμματος Go.

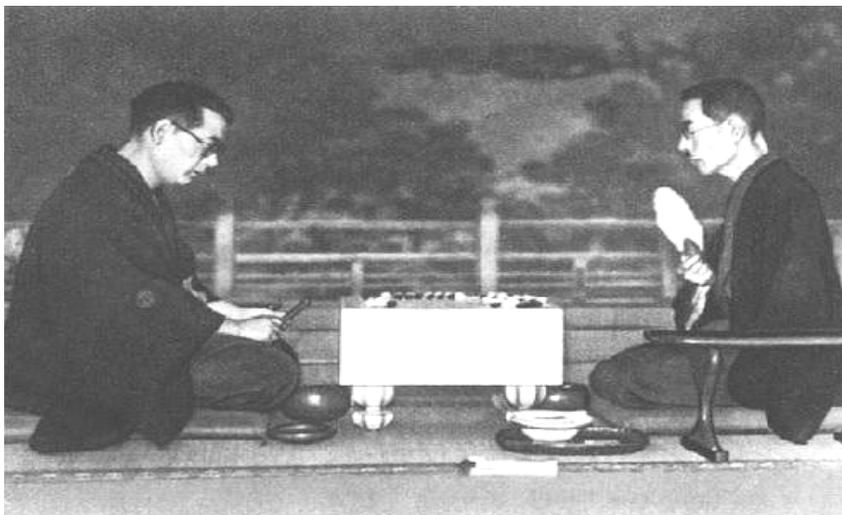
### Το Go σήμερα

Είναι γεγονός ότι στο Δυτικό κόσμο το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού δε γνωρίζει την ύπαρξη του συγκεκριμένου παιχνιδιού, όμως ειδικότερα τα τελευταία 10-20 χρόνια ο αριθμός αυτών που το μαθαίνουν όλο και αυξάνει. Ένας από τους λόγους είναι το διαδίκτυο και η δυνατότητα μέσω

αυτού τόσο επικοινωνίας και εύρεσης παικτών όσο και η δυνατότητα να παίξει κανείς διαδικτυακά. Κοινό χαρακτηριστικό των παικτών είναι ο μεγάλος ενθουσιασμός για το παιχνίδι και η διάθεσή τους να το διαδώσουν. Η ιαπωνική ομοσπονδία Go (Japan Go Association, Nihon ki-in) επίσης προωθεί τη διάδοση του παιχνιδιού σε Ευρώπη και Αμερική. Αντίθετα, στην Ιαπωνία, την Κίνα και την Κορέα το παιχνίδι είναι ευρέως γνωστό, αναγνωρίζεται ως πνευματικό άθλημα και υπάρχει επαγγελματική σκηνή και τουρνουά με μεγάλα χρηματικά έπαθλα και φανατικό κοινό. Από μερικούς θεωρείται το δημοφιλέστερο παιχνίδι στον κόσμο εξαιτίας του πληθυσμού αυτών των χωρών. Αξίζει να αναφερθεί το πόσο δύσκολο είναι να γίνει επαγγελματίας κάποιος στις χώρες αυτές, αφού στην Ιαπωνία, για παράδειγμα, κάθε χρόνο γίνεται τουρνουά όπου όλοι οι ενδιαφερόμενοι συμμετέχουν, μετά από προκριματικά (υπάρχουν και νεαρά παιδιά που αναγνωρίζονται ως “Insei”, μαθητές Go, οι καλύτεροι του εσωτερικού συστήματος βαθμολόγησης παρακάμπτουν τα προκριματικά) και μόνο οι πρώτοι 1-3 παίρνουν τον τίτλο του επαγγελματία, ενώ υπάρχει όριο ηλικίας συμμετοχής σε αυτό. Οι επαγγελματίες παίχτες Go χαίρουν μεγάλου κοινωνικού σεβασμού και αφιερώνουν όλο τους το χρόνο στη μελέτη και τη διδασκαλία του παιχνιδιού. Η διαβάθμιση των επαγγελματιών χρησιμοποιεί επίπεδα από 1D-9D (dan), σύστημα επηρεασμένο για ιστορικούς λόγους από αυτό των Ιαπωνικών πολεμικών τεχνών. Το επίπεδο του κάθε επαγγελματία παίχτη

καθορίζεται από την απόδοσή του στο εθνικό πρωτάθλημα της χώρας που ανήκει (παρόμοιο σύστημα υπάρχει και σε ερασιτεχνικό επίπεδο και στην Ευρώπη). Επίσης γίνονται μεγάλα διεθνή τουρνουά, με επαγγελματίες παίκτες από τις τρεις αυτές χώρες να είναι οι περισσότεροι συμμετέχοντες, όπως τα ING cup και Samsung cup με έπαθλα 500.000\$ και 300.000\$ αντίστοιχα.

Στην Ευρώπη σε χώρες όπως Ολλανδία, Γαλλία, Ρουμανία, Ρωσία, Τσεχία, Ουγγαρία, Τουρκία κ.α. το Go είναι αρκετά γνωστό ή διαδίδεται γρήγορα. Σε πολλές από αυτές πραγματοποιούνται πολλά (ερασιτεχνικά) ανοικτά (ημιτελικός samsung cup) τουρνουά όπου μπορεί ο καθένας να συμμετάσχει και με τις συμμετοχές να φτάνουν πολλές φορές τις 150-250, επίσης υπάρχουν ένας ή περισσότεροι σύλλογοι Go στις περισσότερες μεγάλες πόλεις. Κάθε χρόνο από το 1957, σε διαφορετική χώρα κάθε φορά, η ευρωπαϊκή ομοσπονδία Go (European Go Federation) διοργανώνει το "ευρωπαϊκό (ανοικτό) πρωτάθλημα Go", 10 γύρων σε διάστημα δύο εβδομάδων, στα πλαίσια του ευρωπαϊκού κογκρέσου Go (European Go Congress), με τις συμμετοχές των διαγωνιζόμενων τα τελευταία χρόνια να ξεπερνούν τις 700 και των συμμετεχόντων στις διάφορες δραστηριότητες γενικότερα (διαλέξεις επαγγελματιών κ.α.) τις 1000. Το Go στην Ευρώπη, παραμένει μόνο σε ερασιτεχνικό επίπεδο, παρόλα αυτά κάποιοι ευρωπαίοι παίκτες έχουν κατορθώσει να πάρουν τον τίτλο του επαγγελματία σε κάποιες από τις χώρες όπου υπάρχει επαγγελματική



*Shushai (9d) vs Kitani (7d): Ιστορική παρτίδα που αποτελεί θεματολογία του βιβλίου "Master of Go".*

σκηνή (Taranu Catalin Ρουμανία, Alexandre Dinerchtein Ρωσία, Diána Kószegi Ουγγαρία, Svetlana Shikshina Ρωσία). Στην Αμερική η κατάσταση είναι παρόμοια με αυτή στην Ευρώπη, διοργανώνεται και εκεί το USGC (United states Go congress) όπως επίσης αξίζει να αναφερθεί ο Michael Redmond(9D) ο μόνος δυτικός που έχει καταφέρει να φτάσει το ανώτερο επίπεδο στην επαγγελματική κατάταξη στην Ιαπωνία.

Στην Ελλάδα, το Go είναι ελάχιστα γνωστό. Μόνο τα τελευταία χρόνια εμφανίστηκε ένα μικρός κύκλος ενθουσιωδών παιχτών, οργανώνοντας κατά περιόδους εβδομαδιαίες συναντήσεις, παίζοντας στο διαδίκτυο αλλά και συμμετέχοντας σε τουρνουά στο εξωτερικό. Το 2009 στο ευρωπαϊκό ομαδικό πρωτάθλημα (European Go Team Championship) στην πόλη Pitesti της Ρουμανίας, η Ελλάδα εκπροσωπήθηκε με μία τετραμελή ομάδα αποτελούμενη από φοιτητές του Φυσικού και Μαθηματικού Θεσσαλονίκης και του ΤΕΙ αυτοματισμού. Επίσημος φορέας του παιχνιδιού στην Ελλάδα ακόμα δεν υπάρχει.

### **Το Go στην λογοτεχνία και τον κινηματογράφο.**

Σε γνωστές κινηματογραφικές ταινίες όπως "A beautiful mind" του Ron Howard και "Pi (π)" του Darren Aronofsky υπάρχουν σκηνές ή αναφορές στο Go. Το βιβλίο "The master of Go" του νομπελίστα Yasunari Kawabata περιγράφει τις αλλαγές που έρχονταν στην Ιαπωνική κοινωνία μέσω της περιγραφής μιας παρτίδας Go μεταξύ δύο σπουδαίων παικτών της εποχής, κατά τη διάρκεια της οποίας γίνεται και η ρίψη της πυρηνικής βόμβας στη Χιροσίμα. Ο κορεάτης Sung-Hwa Hong έχει γράψει μία ενδιαφέρουσα, μάλλον ημιαυτοβιογραφική νουβέλα ("First Kyu"). Τέλος σίγουρα είναι άξια αναφοράς η σειρά ιαπωνικών κινουμένων σχεδίων (Anime) "Hikaru no Go", χρηματοδοτημένη από την Ιαπωνική ομοσπονδία Go για τη διάδοση του παιχνιδιού κυρίως σε μικρές ηλικίες, προσπάθεια που στέφθηκε με τεράστια επιτυχία όχι μόνο εντός Ιαπωνίας αλλά και παγκοσμίως.



## 50 χρόνια του Εργαστηρίου Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας



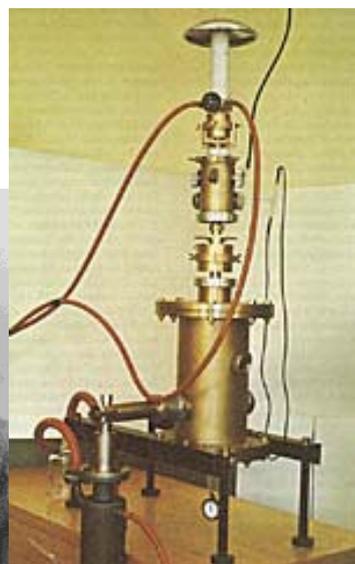
**Ιωάννης Στοϊμένος,**  
Ομότ. Καθηγητής

Η ιστορία του Εργαστηρίου Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας ξεκινά το 1963 από τον αείμνηστο καθηγητή Νικόλαο Εμπειρικό. Ο καθηγητής Εμπειρικός μαζί με την καθηγήτρια Μαρία Μαρκέτου-Πυλαρινού είναι οι δυο καθηγητές που αποτελούσαν τότε το Τμήμα Φυσικής. Μέχρι το 1962 το Τμήμα Φυσικής φιλοξενείται σε μια πτέρυγα της σοφίτας του παλαιού κτιρίου της Φιλοσοφικής Σχολής και οι εγκαταστάσεις του είναι πενιχρές έως ανύπαρκτες. Ο Εμπειρικός υπήρξε πρωτεργάτης στη δημιουργία της Πανεπιστημιούπολης, ξεκίνησε με την ανέγερση του κτιρίου του Χημείου το 1954 και στη συνέχεια με το κτίριο της ΦΜΣ που ολοκληρώνεται το 1962.

Το Τμήμα Φυσικής έχει τώρα εγκατασταθεί σε ένα σύγχρονο κτίριο και έχει αρκετό χώρο στη διάθεσή του, τουλάχιστον για την εποχή εκείνη. Θεωρεί πως το επόμενο βήμα είναι ο εξοπλισμός του Τμήματος με βασικά επιστημονικά όργανα και με προσωπικό. Ο Εμπειρικός έχει σπουδάσει στη Γερμανία στη διάρκεια του μεσοπολέμου και γνωρίζει τη δουλειά του E. Ruska (1906 – 1988) ο οποίος την ίδια περίοδο αναπτύσσει το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο διέλευσης (ΗΜΔ) στη Siemens, Φωτ.1.

Ο Εμπειρικός αντιλαμβάνεται την τεράστια σημασία που μέλει να έχει το όργανο αυτό στην ανάπτυξη της έρευνας και της τεχνολογίας και αποφασίζει να διαθέσει όλες τις πιστώσεις του Εργαστηρίου για το σκοπό αυτό. Ως Διευθυντής του Εργαστηρίου της Β' Έδρας Φυσικής από την οποία θα προέλθει ο σημερινός Τομέας Φυσικής Στερεάς Κατάστασης, παραγγέλλει το 1963 το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο Elmiskop I που είναι το καλύτερο της εποχής εκείνης με διακριτική ικανότητα  $\sim 1,2$  nm και επιτάχυνση της δέσμης ηλεκτρονίων με τάση 100 kV. Το μικροσκόπιο εγκαθίσταται στο ισόγειο στη Δυτική πτέρυγα του κτιρίου της Φυσικομαθηματικής Σχολής (ΦΜΣ), τη σημερινή Σχολή Θετικών Επιστημών, όπου είναι και σήμερα το εργαστήριο Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας. Δυστυχώς ο Εμπειρικός αρρωσταίνει και πεθαίνει το επόμενο έτος. Το μικροσκόπιο έρχεται, είναι το πρώτο που εγκαθίσταται στη Ελλάδα, αλλά κανένας δεν ξέρει να το χειριστεί. Ο πρώτος που θα εκπαιδευτεί στη λειτουργία του είναι ο τότε βοηθός του εργαστηρίου Β' Έδρας Φυσικής Ι. Σπυριδέλης, αργότερα καθηγητής της Α' Έδρας Φυσικής, ο οποίος πηγαίνει για το σκοπό αυτό στην Karlsruhe το 1963 για τρείς μήνες.

Το έτος 1964 Διευθυντής του εργαστηρίου Β' Έδρας Φυσικής ορίζεται ο αείμνηστος καθηγητής Ν. Οικονόμου. Ο Σπυριδέλης μόλις έχει τελειώσει το διδακτορικό του και αποφασίζεται να πάει για περαιτέρω σπουδές στο ερευνητικό κέντρο της MOL στο Βέλγιο για να εργαστεί κοντά στον διάσημο καθηγητή Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας S. Amelinckx. Θα μείνει στη MOL δυο χρόνια (1965-1967). Επιστρέφοντας από το Βέλγιο ο Σπυριδέλης συνεχίζει να εργάζεται για την περάτωση της υψηλεσίας του στο εδώ μικροσκόπιο Elmiskop I. Αναγορεύεται Υφηγητής το 1970. Είναι η πρώτη εργασία επάνω στην ηλεκτρονική μικροσκοπία που γίνεται στην Ελλάδα. Θα δημοσιευτεί στο περιοδικό Materials Research



**Φωτ. 1:** Ο Δρ. E. Ruska βραβείο, Νόμπελ 1986 και το πρώτο του πειραματικό Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Διέλευσης που ανέπτυξε το 1935.

Bulletin 6 (1971) 1345-52 με τίτλο *Dislocation loops and stacking faults in Zinc*. Εν τω μεταξύ ο γράφων έχει αναγορευτεί δίδακτωρ το 1969 και αναχωρεί με ετήσια εκπαιδευτική άδεια στο Cambridge για να εργαστεί στο εργαστήριο Cavendish στην ηλεκτρονική μικροσκοπία κοντά στον καθηγητή A. Howie.

Στο διάστημα αυτό διορίζεται ως βοηθός ο αείμνηστος Ι. Αντωνόπουλος (αργότερα καθηγητής του Τμήματος μας, Πρόεδρος του Τμήματος, Αντιπρύτανης και Πρύτανης του ΑΠΘ για την περίοδο 2003-2006). Ο Αντωνόπουλος αρχίζει να εργάζεται στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο υπό την επίβλεψη του Σπυριδέλη που είναι ήδη επιμελητής, τίτλος ισοδύναμος σήμερα με τον Λέκτορα. Θα αναγορευθεί Διδάκτορας το 1972 με θέμα της διατριβής του «Μελέτη σφαλμάτων επιστοιβάσεως εις τον χαλκόν». Θα είναι το πρώτο διδακτορικό στην Ελλάδα στον τομέα της Ηλεκτρονικής Μικρο-

σκοπίας. Η ομάδα έχει ήδη αποκτήσει «κρίσιμη μάζα». Θα μας δοθεί δε η ευκαιρία να διευρύνουμε ακόμα περισσότερο τις θεωρητικές μας γνώσεις στον τομέα αυτό χάρη στο θερινό σχολείο που οργανώνεται στο Erice της Σικελίας τον Απρίλιο του 1973, Φωτ.2. Εκεί θα έχουμε την ευκαιρία να παρακολουθήσουμε διαλέξεις από τους πλέον ειδικούς στο πεδίο αυτό παγκοσμίως. Για τον Αντωνόπουλο θα είναι μια θαυμάσια ευκαιρία να γνωριστεί με τον καθηγητή Howie και να γίνει δεκτός για μεταδιδακτορικές σπουδές για την περίοδο 9/1973 έως 10/1975.

Στα μέσα του '70 ο καθηγητής Amelinckx είχε αναλάβει τη διεύθυνση όλου του κέντρου της MOL και στο εργαστήριο μικροσκοπίας εκεί είχε τη διεύθυνση ο Dr Pierre Delavignette και στην Αμβέρσα ο καθηγητής J. Van Landuyt. Και οι δύο με πολύ προθυμία δέχτηκαν για μεταδιδακτορικές σπουδές σχεδόν όλα τα μέλη του εργα-

στηρίου της Θεσσαλονίκης. Μέχρι τις αρχές του '80 είχαν εργαστεί εκεί για μεγάλα χρονικά διαστήματα οι ομότιμοι καθηγητες Κ. Μανωλίκας και Θ. Καρακώστας, ο αείμνηστος καθηγητής Γ. Μπλέρης, ο καθηγητής Ε. Πολυχρονιάδης. Σε ότι αφορά τον εξοπλισμό το έτος 1972 το Εργαστήριο Ηλεκτρονικής μικροσκοπίας αποκτά ένα δεύτερο μικροσκόπιο, το JEM100U της Ιαπωνικής εταιρίας JEOL. Έχει διακριτική ικανότητα 0,7 nm εργάζεται στα 100kV και έχει δυνατότητα παρατήρησης του δείγματος σε μια ευρεία περιοχή θερμοκρασιών από -70 έως +800 °C. Ταυτόχρονα το Elmiskop I αποσύρεται ως πεπαλαιωμένο και σήμερα βρίσκεται στο Τεχνικό Μουσείο Θεσσαλονίκης, Φωτ. 3.

Στα επόμενα πέντε χρόνια το προσωπικό της Ομάδας Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας θα υπερδιπλασιαστεί. Όλα τα νέα μέλη κάνουν μεταδιδακτορικές σπουδές στο Πανεπιστήμιο της Αμβέρσας ή στο Ερευνητικό κέντρο της MOL στο Βέλγιο. Ένα καινούργιο μικροσκόπιο θα εγκατασταθεί το 1978. Είναι το JEM 100CX με διακριτική ικανότητα 0,5 nm και υψηλή τάση στα 120 kV. Το JEM 100CX θα καταρρίψει κάθε ρεκόρ μακροβιότητας δεδομένου ότι λειτουργεί επί 35 χρόνια μέχρι σήμερα και στο ενεργητικό του καταγράφονται πάνω από 300 επιστημονικές δημοσιεύσεις. Το επίτευγμα αυτό οφείλεται αφενός μεν στην κατάρτιση και το υψηλό αίσθημα ευθύνης των χρηστών του μικροσκοπίου και αφετέρου στον ηλεκτρονικό και μέλος ΕΔΤΠ, Β. Καλαϊτζίδη ο οποίος ως συντηρητής των μικροσκοπίων του εργαστηρίου αποδείχθηκε εξαιρετικά εργατικός και ταυτόχρονα ιδιαίτερα ικανός στην επίλυση τεχνικών προβλημάτων που αφορούσαν τα μικρο-



Φωτ. 2: Η ομάδα της ηλεκτρονικής μικροσκοπίας του εργαστηρίου Β' Έδρας Φυσικής στο Erice το 1973. Από τα αριστερά Αντωνόπουλος, Σπυριδέλης, Στοϊμένος.



**Φωτ. 3:** Το ΗΜΔ *Elmiskop I* του ΕΗΜ στο Τεχνικό Μουσείο Θεσσαλονίκης (Σίνδος) .

σκόπιά μας.

Το έτος 1991 ένα νέο μικροσκόπιο εγκαθίσταται στο Εργαστήριο. Είναι ένα σαρωτικό Μικροσκόπιο Ατομικών Δυνάμεων (Scanning Atomic Force Microscope ή AFM) και είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για την μελέτη επιφανειών. Η διακριτική του ικανότητα είναι της τάξεως του 0.2 nm και η λειτουργία του στηρίζεται στις δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ μιας επιφάνειας και μιας ακμής που βρίσκεται πολύ κοντά στην επιφάνεια, οι δυνάμεις αυτές είναι κυρίως τύπου Van der Waals. Το μικροσκόπιο AFM αναπτύχθηκε αρχικά ως μικροσκόπιο σήραγγας το έτος 1980 στα εργαστήρια της IBM στη Ζυρίχη από τους G. Binnig και H. Rohrer που έλαβαν και το Βραβείο Νόμπελ το 1986. Όμως το μικροσκόπιο σήραγγας ήταν κατάλληλο μόνο για αγώγιμες επιφάνειες. Το 1989 παρουσιάστηκε η γενικευμένη του έκδοση με το όνομα AFM που ήταν κατάλληλο για την μελέτη κάθε είδους επιφανείας. Το μικροσκόπιο AFM του εργαστηρίου ήταν το TMX 2000

και αγοράστηκε στα πλαίσια του προγράμματος STRIDE HELLAS project 348.

Καθώς η τεχνολογία των Ηλεκτρονικών Μικροσκοπιών βελτιώνεται τα Μικροσκόπια γίνονται όλο και πιο αυτοματοποιημένα με υψηλότερη διακριτική ικανότητα αλλά είναι και πολύ ακριβότερα. Ενδεικτικά το κόστος ενός σύγχρονου Ηλεκτρονικού Μικροσκοπίου υπερβαίνει το 1Μ€ καθιστώντας την αγορά του από ένα Ελληνικό πανεπιστημιακό εργαστήριο απαγορευτική. Για το λόγο αυτό το 1991 γίνεται μια κοινή προσπάθεια με άλλα ομόλογα εργαστήρια του Βιολογικού Τμήματος καθώς και της Ιατρικής και Κτηνιατρικής Σχολής για την αγορά ενός διατμηματικού Ηλ. Μικροσκοπίου. Η τότε Πρυτανεία πείθεται και το διατμηματικό ΗΜΔΔ αγοράζεται. Είναι το JEM 2000FX που έχει διακριτική ικανότητα 0,28 nm και υψηλή τάση που μπορεί να μεταβάλλεται από 80 έως 200 kV. Επισημαίνεται ότι η μεταβλητότητα της υψηλής τάσης ήταν απαραίτητη προϋπόθεση για την κοινή χρήση του μικροσκοπίου δεδομένου ότι τα βιολογικά δείγματα δεν επιδέχονται τάση μεγαλύτερη των 100 kV ενώ για τα ανόργανα υλικά απαιτείται υψηλότερη τάση δεδομένου ότι έτσι αυξάνεται και η διακριτική ικανότητα του μικροσκοπίου, αφού υψηλότερη τάση σημαίνει ταχύτερα ηλεκτρόνια άρα μικρότερο μήκος κύματος υλοκυμάτων.

Η ιδέα της εγκατάστασης διατμηματικού οργάνου δεν είναι καινούργια. Ένα διατμηματικό Σαρωτικό Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο (ΣΗΜ) ήδη υπάρχει και λειτουργεί στο ισόγειο του κτιρίου της ΦΜΣ από το έτος 1990. Το διατμηματικό ΣΗΜ εγκαταστάθηκε ύστερα από εισήγηση του Γεωλογικού Τμήματος και του Εργαστηρίου

Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας και λειτουργεί με μεγάλη επιτυχία υπό την διεύθυνση του καθηγητού του Γεωλογικού τμήματος Σ. Σκλαβούνου και αρχική χειρίστρια την Αναπλ. Καθηγήτρια Ε. Παυλίδου, που τώρα είναι μέλος του Εργαστηρίου Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας

Το νέο διατμηματικό ΗΜΔ θα εγκατασταθεί στο κτίριο της Ιατρικής Σχολής. Αρχικά όλοι είναι ικανοποιημένοι διότι επιτέλους έχουν στη διάθεση τους ένα τόσο προηγμένο μικροσκόπιο, όμως ένα τόσο υψηλών προδιαγραφών όργανο απαιτεί ακριβείς ρυθμίσεις που δυστυχώς το προσωπικό που προσλαμβάνεται για τη συντήρηση του δεν μπορεί να τις παρέχει. Σύντομα ο αρχικός ενθουσιασμός μετατρέπεται σε απογοήτευση που θα φτάσει στο σημείο να παραιτηθούμε από την χρήση του στα 200 kV που ήταν και η αρχική μας επιδίωξη. Έτσι το διατμηματικό μικροσκόπιο θα περιοριστεί να λειτουργεί μόνο στα 100 kV για την παρατήρηση βιολογικών δειγμάτων. Το πρόβλημα θα λυθεί επί πρυτανείας του καθηγητού Α. Μάνθου, ο οποίος ως καθηγητής της Ιατρικής Σχολής και χρήστης του Ηλ. Μικροσκοπίου ο ίδιος γνωρίζει καλά το πρόβλημα. Έτσι επί της Πρυτανείας του θα αγοραστεί το έτος 2010 ένα ΗΜΔ προσανατολισμένο ειδικά για βιολογικά παρασκευάσματα και το παλαιότερο JEM 2000FX θα μεταφερθεί στο εργαστήριό μας το 2011.

Το έτος 2001 στα πλαίσια ερευνητικού προγράμματος, ύστερα από εισήγηση του μέλους του ΕΗΜ καθηγητού Ε. Πολυχρονιάδη προς τη Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας (ΓΓΕΤ) συνοδευόμενη από έκθεση σκοπιμότητας, στην οποία περιλαμβάνονται όλα τα μέχρι τότε συλλογικά

επιτεύγματα του ΕΗΜ, ερευνητικά (όπως αριθμός επιστημονικών δημοσιεύσεων και αριθμός επιστημονικών προγραμμάτων), και εκπαιδευτικά (όπως διδακτορικά, πτυχιακές και μεταπτυχιακές εργασίες που πραγματοποιήθηκαν, υποτροφίες που χορηγήθηκαν και ανταλλαγή σπουδαστών σε εργαστήρια του εξωτερικού), η ΓΓΕΤ θα εγκρίνει τελικά την πίστωση για την αγορά ενός σύγχρονου ηλεκτρονικού μικροσκοπίου JEM 2010 υψηλών προδιαγραφών με διακριτική ικανότητα 0,194 nm και υψηλή

τάση 200 kV. Η Φωτογραφία 4 είναι από τα εγκαίνια του μικροσκοπίου JEM 2010 θα εγκατασταθεί στο χώρο όπου βρισκόταν το μικροσκόπιο JEM 100U το οποίο ως πεπαλαιωμένο θα τοποθετηθεί σε μια προθήκη στον προθάλαμο του αμφιθεάτρου Δ11 στο ισόγειο της δυτικής πτέρυγας του κτιρίου της Φυσικομαθηματικής σχολής.

Αν και το Εργαστήριο Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας (ΕΗΜ) δημιουργήθηκε το 1963 θεσμοθετήθηκε επίσημα μόλις το 1997 (Φ.Ε.Κ 221/ Π.Δ 313) με

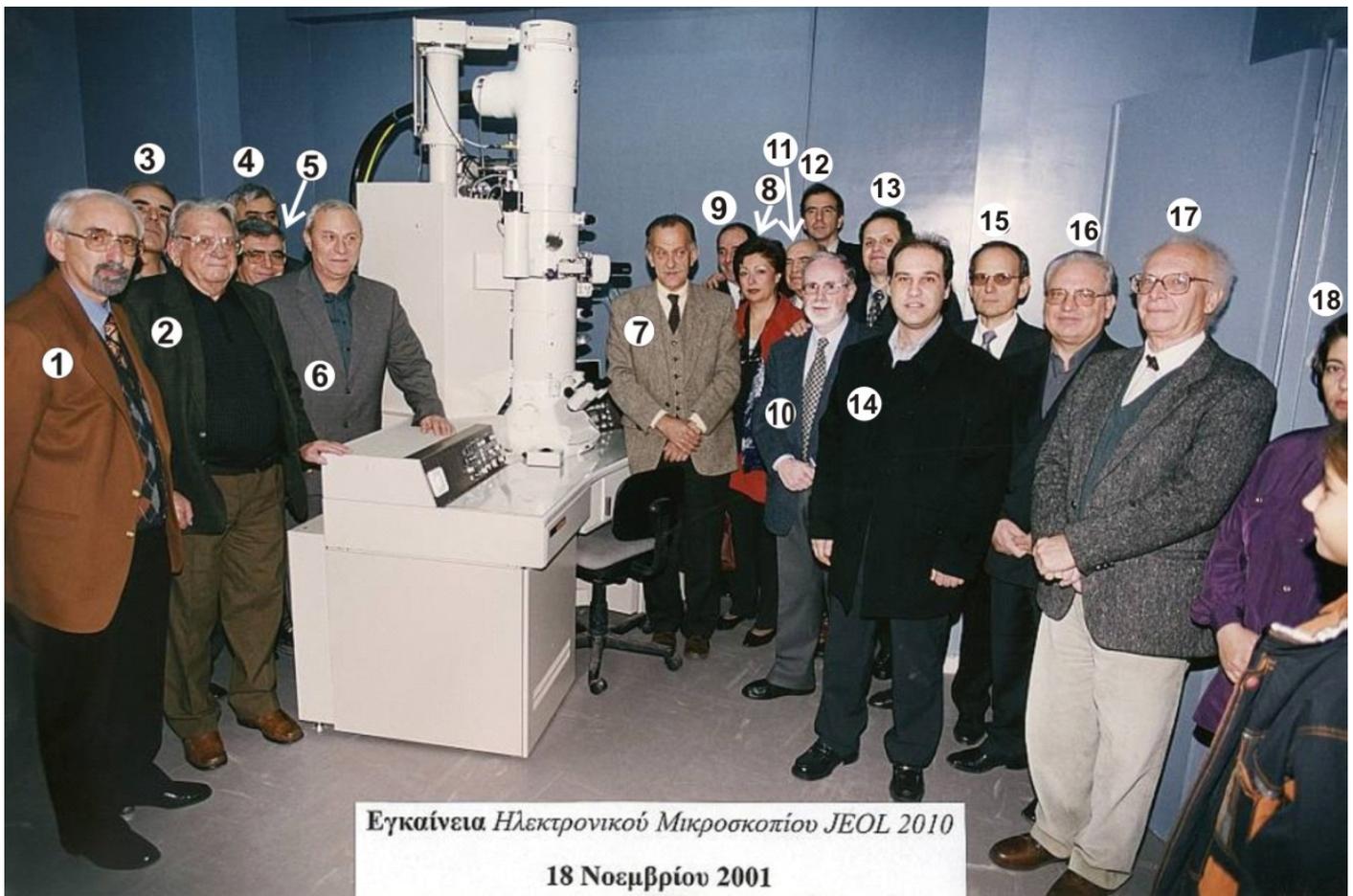
τίτλο “Εργαστήριο Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας και Δομικού Χαρακτηρισμού των Υλικών”.

Το Τμήμα Φυσικής αναγνωρίζοντας τη σημαντική συμβολή των καθηγητών S. Amelincks και A. Howie στην ανάπτυξη του εργαστηρίου Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας θα τους αναγορεύσει επίτιμους διδάκτορες του Τμήματος μας τα έτη 1988 (Φωτ.5) και 1995 (Φωτ. 6) αντιστοίχως.

#### Τα Μέλη του ΕΗΜ σήμερα:

##### Μέλη ΔΕΠ:

- Ν. Φλεβάρης (Καθηγητής)



Εγκαίνια Ηλεκτρονικού Μικροσκοπίου JEOL 2010

18 Νοεμβρίου 2001

Φωτ. 4: Στα εγκαίνια του μικροσκοπίου JEM2010 συμμετέχουν τα περισσότερα μέλη του ΕΗΜ. Από τα δεξιά, 1- Ο τότε Πρόεδρος του Φυσικού Τμήματος Αν. Καθηγητής Δ. Κυριάκος, 2- Ο Αείμνηστος Καθηγητής Ν. Οικονόμου, 3- Ο Ομότιμος Καθηγητής Κ. Μανωλάκας, 4- Το μέλος ΕΔΤΠ και ηλεκτρονικός του ΕΗΜ Β. Καλαϊτζίδης, 5- Ο Επ. Καθηγητής Δ. Παπαδόπουλος, 6-Ο Καθηγητής Θ. Καρακώστας, 7- Ο Αείμνηστος Καθηγητής Ι. Αντωνόπουλος, 8-Η Καθηγήτρια Φ. Κομνηνού, 9-Ο Κοσμήτορας της Σχολής Θετικών Επιστημών Καθηγητής Α. Φιλιππίδης, 10 - Ο Καθηγητής Ε. Πολυχρονιάδης, 11- Ο Ομότιμος Καθηγητής Ι. Σπυριδέλης, 12- Ο Επ. Καθηγητής Ν. Βουρουτζής, 13- Ο Καθηγητής Ν. Φράγκης, 14- Ο Αν. Καθηγητής Θ. Κεχαγιάς, 15- Ο Αν. Καθηγητής Χ. Λιούτας, 16- Ο Επ. Καθηγητής Π. Γρηγοριάδης, 17- Ο Ομότιμος Καθηγητής Ι. Στοϊμένος, 18-Το μέλος ΕΔΤΠ Κ. Παντούση.



*Φωτ. 5: Από την τελετή αναγόρευσης ως επίτιμοι διδάκτορα του καθηγητού S. Amelinckx (1988). Πρόεδρος του Τμήματος Φυσικής κατά την περίοδο αυτή είναι ο Καθ. Ι. Τσουκαλάς (δεξιά). Στην αριστερή εικόνα διακρίνονται από αριστερά οι Π. Γρηγοριάδης, Επ. Καθηγητής, Φ. Κομνηνού, Καθηγήτρια, Ι. Στοϊμένος, Ομοτ. Καθηγητής, Ι. Σπυριδέλης, Ομοτ. Καθηγητής, S. Amelinckx, Γ. Μπλέρης, αειμ. Καθηγητής, Θ. Καρακώστας, Ομοτ. Καθηγητής, Κ. Μανωλίκας, Ομοτ. Καθηγητής και Ν. Φράγκης, Καθηγητής.*



*Φωτ. 6: Από την τελετή αναγόρευσης ως επίτιμοι διδάκτορα του Καθηγητού A. Howie (Ιούνιος 1995). Πρόεδρος του Τμήματος Φυσικής κατά την περίοδο αυτή είναι ο Καθ. Ι. Αντωνόπουλος.*

- Ε. Πολυχρονιάδης (Καθηγητής)
- Φ. Κομνηνού (Καθηγήτρια)
- Ν. Φράγκης (Καθηγητής)
- Χ. Λιούτας (Αναπλ. Καθηγ.)
- Θ. Κεχαγιάς (Αναπλ. Καθηγ.)
- Ν. Βουρουτζής (Επικ. Καθηγ.)
- Ε. Παυλίδου (Αναπλ. Καθηγ.)
- Μ. Αγγελακέρης (Επικ. Καθηγ.)
- Γ. Δημητρακόπουλος (Επικ. Καθηγ.)
- Ι. Κιοσέογλου (Επικ. Καθηγ.)

**Ομότιμοι καθηγητές:**

- Θ. Καρακώστας
- Ι. Στοϊμένος

**Τεχνικό /Διοικητικό Προσωπικό:**

- Υπάλληλοι ΙΔΑΧ: Ι. Τσιαούσης, Α. Ανδρεάδου, Α. Μάντζαρη.
- Υπάλληλος ΕΤΕΠ, Κ. Παντούση.

**Οι Πόροι του ΕΗΜ**

Οι πόροι του ΕΗΜ προέρχονται από δυο πηγές:

- A) τον κρατικό προϋπολογισμό, ο οποίος κατά μέσον όρο σήμερα καλύπτει το 25% των αναγκών του εργαστηρίου.
- B) από ανταγωνιστικά ερευνητικά προγράμματα τα οποία καλύπτουν το υπόλοιπο 75% των αναγκών του εργαστηρίου

(πλην μισθοδοσίας) .

Σε ότι αφορά τα δεύτερο το ΕΗΜ έχει αντλήσει μέχρι σήμερα πόρους από συνολικά 82 διαφορετικά ερευνητικά προγράμματα, αριθμός εντυπωσιακός για τα Ελληνικά επιστημονικά δεδομένα που ουσιαστικά επιτρέπει την επιβίωση του εργαστηρίου.

**Δημοσιεύσεις**

Εκτιμάται ότι το σύνολο των δημοσιεύσεων του προσωπικού του ΕΗΜ σε έγκυρα επιστημονικά περιοδικά με κριτές, από το έτος 1964 μέχρι σήμερα, υπερβαίνει τις 600. Παρακάτω δίδεται αναλυτικά ο αριθμός

των δημοσιεύσεων για την περίοδο 2004 – 2011 καθώς και ο αριθμός των ανακοινώσεων σε συνέδρια για την ίδια χρονική περίοδο.

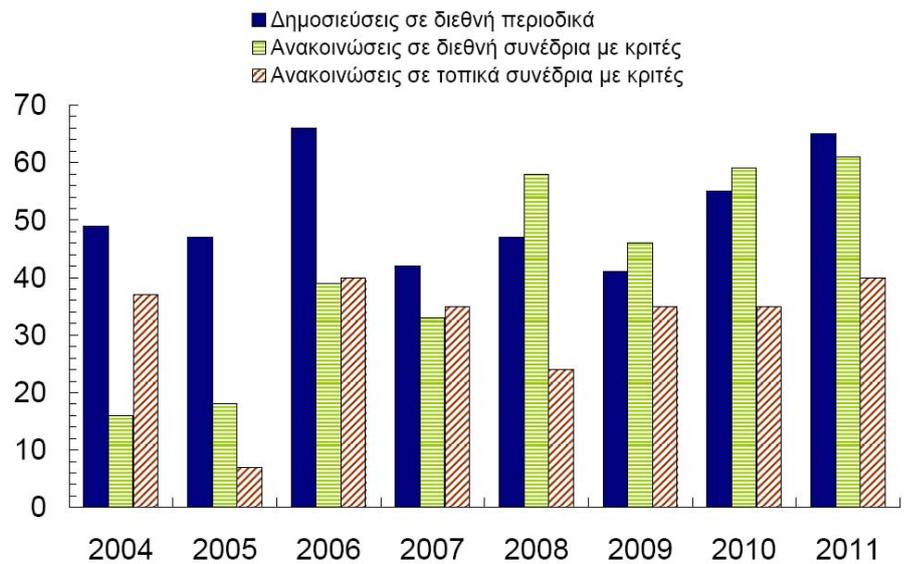
### Συμπεράσματα

Η πεντηκονταετής πορεία του ΕΗΜ υπήρξε εντυπωσιακή στον εκπαιδευτικό τομέα όπως φαίνεται από τον αριθμό των διδακτορικών που απονεμήθηκαν, 23 συνολικά, καθώς και την ενεργό υποστήριξη του προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών της Φυσικής των Υλικών το οποίο ιδρύθηκε το έτος 1995 ύστερα από εισήγηση του μέλους του ΕΗΜ καθηγητού Θ. Καρακώστα. Εξίσου επιτυχής υπήρξε και η δραστηριότητά του στην έρευνα όπως φαίνεται από τον αριθμό των δημοσιεύσεων και ανακοινώσεων καθώς και από τον αριθμό των ερευνητικών προγραμμάτων στα οποία συμμετείχε. Όλα αυτά τα επέτυχε παρά τον πενιχρό και σχετικά πεπαλαιωμένο εξοπλισμό του, χάρις στο υψηλό επίπεδο τεχνολογίας του προσωπικού σε

ότι αφορά την πειραματική ηλεκτρονική μικροσκοπία π.χ. εφαρμογή τεχνικών παρατήρησης καθώς και τη διαχείριση δειγμάτων, αλλά και στην εφαρμογή θεωρητικών υπολογισμών για την ανάδειξη και επεξεργασία των αποτελεσμάτων.

Τελειώνοντας θα πρέπει να επισημάνουμε ότι ύστερα από μια πεντηκονταετία το πρόβλημα που αντιμετωπίζει η

νέα γενιά των μελών του ΕΗΜ είναι ότι το κόστος της απόκτησης και της συντήρησης ενός σύγχρονου ηλεκτρονικού μικροσκοπίου είναι σχεδόν απαγορευτικό για μια μικρή χώρα κάτω από την παρούσα οικονομική συγκυρία, ενώ άλλες χώρες για το σκοπό αυτό έχουν ιδρύσει ερευνητικά κέντρα ηλεκτρονικής μικροσκοπίας.



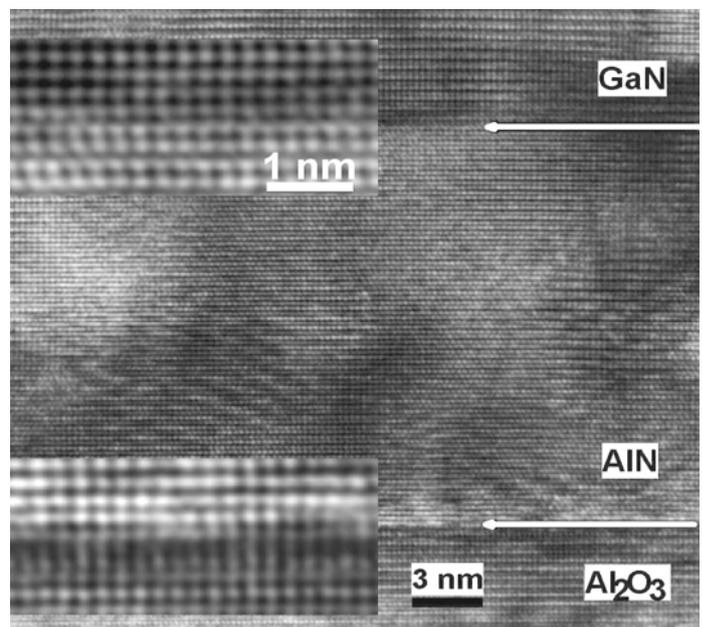
Δημοσιεύσεις μελών του ΕΗΜ για τη χρονική περίοδο 2004-2011

## Κύρια ερευνητικά ενδιαφέροντα των μελών του ΕΗΜ.

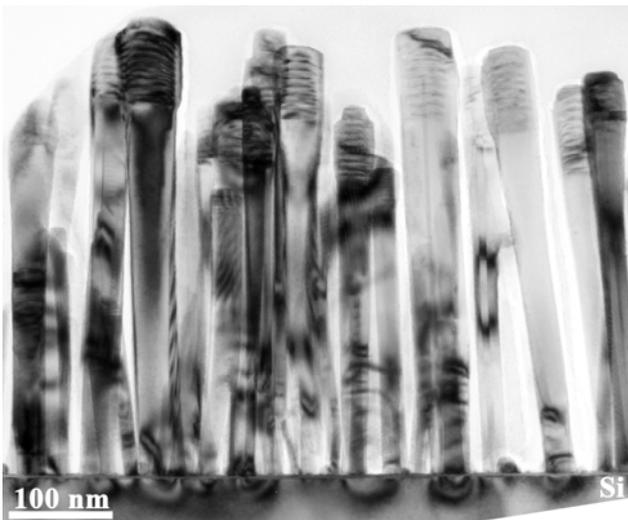
### 1. Διεπιφάνειες Υμενίων Σύνθετων Ημιαγωγών

(π.χ. Υμένια III-V σύνθετων ημιαγωγών: Εφαρμογές οπτοηλεκτρονικής από το UV μέχρι το IR).

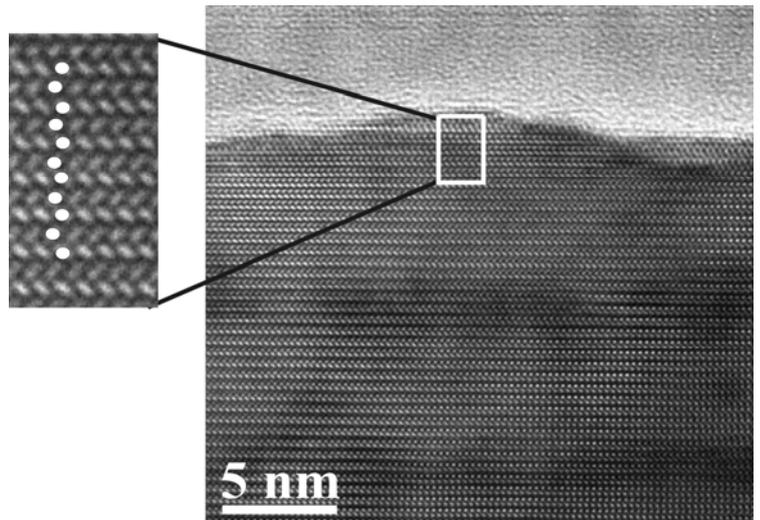
Μικροδομή επιταξιακού υμενίου GaN ανεπτυγμένου σε υπόστρωμα σαπφείρου με ενδιάμεσο στρώμα προσαρμογής 20 nm AlN. Οι ένθετες μεγεθύνσεις αναδεικνύουν την επιταξιακή ανάπτυξη διαμέσου εξαρμόσεων προσαρμογής.



## 2. Δομικός Χαρακτηρισμός Νανοδομών

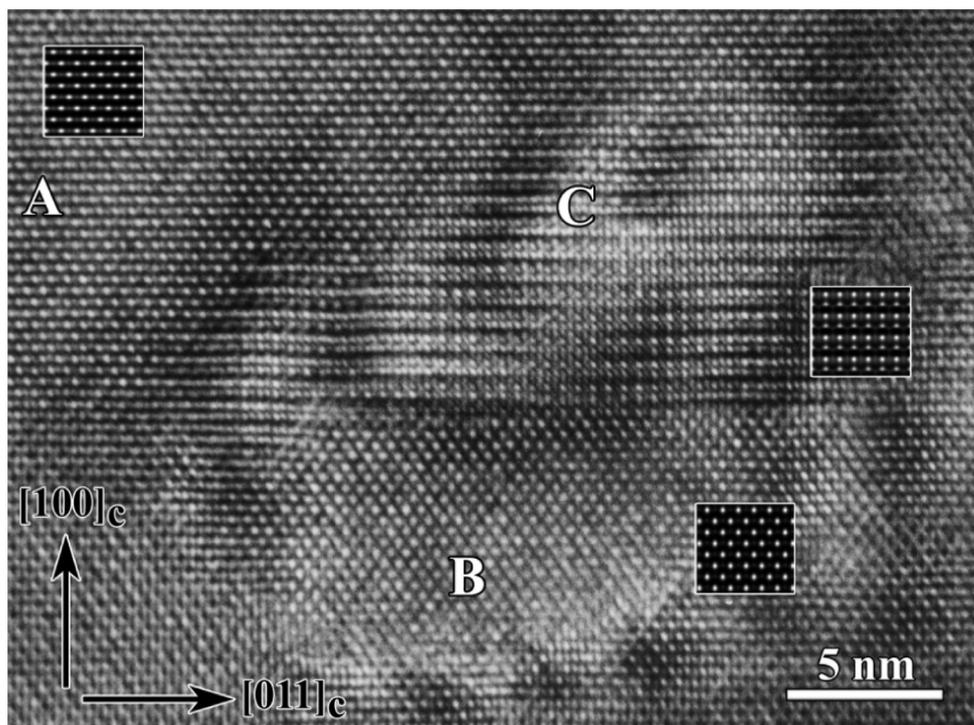


Νανούρματα GaN/InGaN



Κβαντικές τελείες InGaN.

## 3. Θερμοηλεκτρικά Υλικά (κρύσταλλοι $\text{AgPb}_{18}\text{SbSe}_{20}$ )

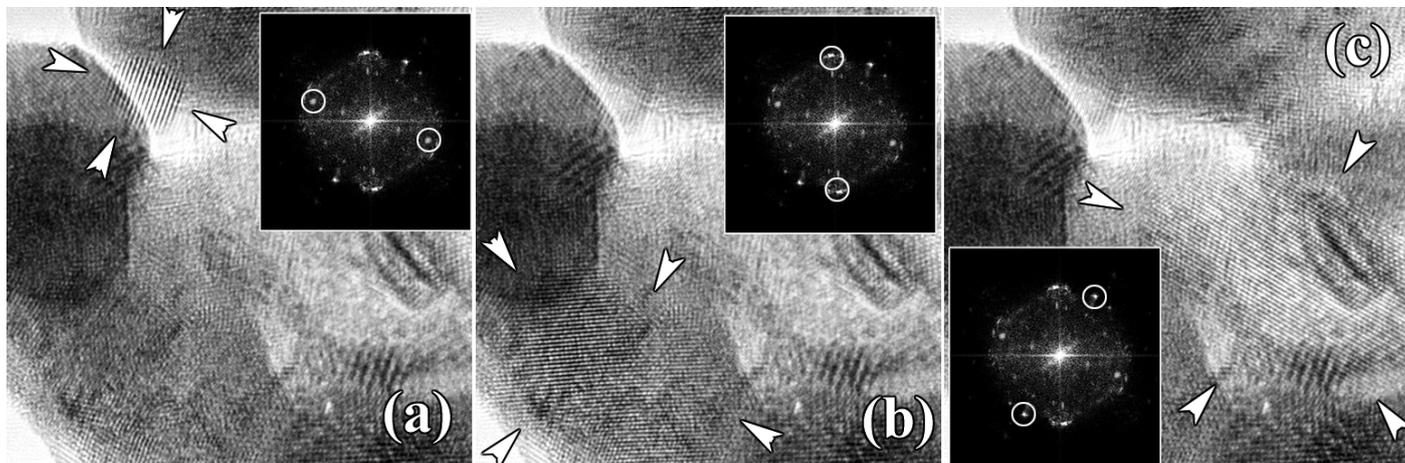


HRTEM micrograph of a nanocrystal containing the B and C phases surrounded by the phase A (PbSe). All the simulated images shown as insets were calculated with the same defocus value:  $\Delta f = -13.4 \text{ nm}$  and almost the same thickness; 6.94 nm for phase A, 6.55 nm for phase B (model B4), and 6.64 nm for phase C (model C3). Note the very good resemblance with the experimental images.

"Bulk Thermoelectric Materials with High Figure of Merit", Science 303 (2004) 818-821 K.F. Hsu, S. Loo, F. Guo, W. Chen, J.S. Dyck, C. Uher, T. Hogan, E.K. Polychroniadis, and M.G. Kanatzidis.

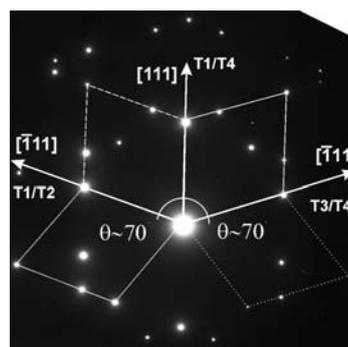
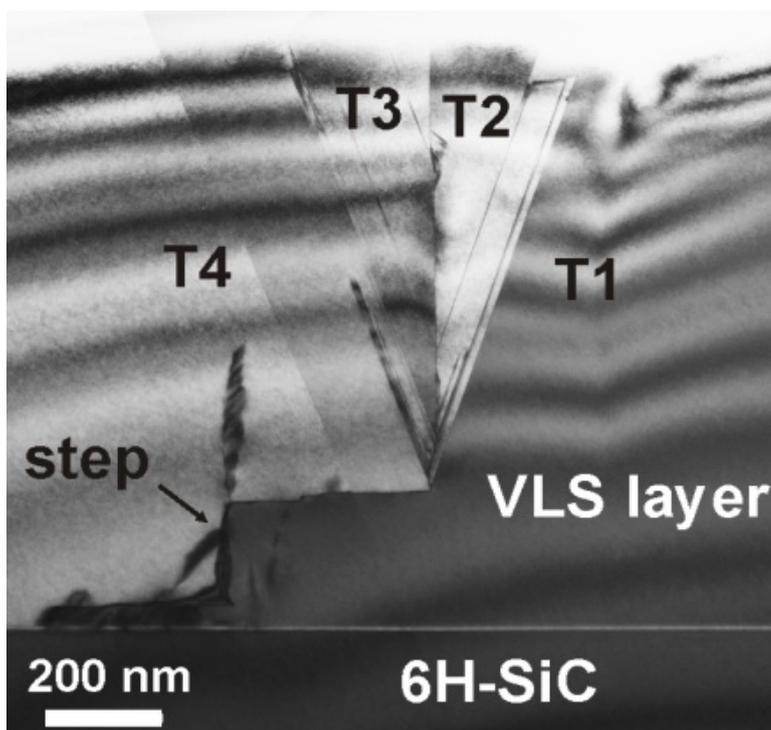
#### 4. Καταλύτες

Ανάδειξη των διαστάσεων των κρυσταλλιτών στο αχρησιμοποίητο υλικό με την εφαρμογή επί ψηφιοποιημένης εικόνας ευθέως (FFT) και αντιστρόφου μετασχηματισμού Fourier (Inverse FFT).



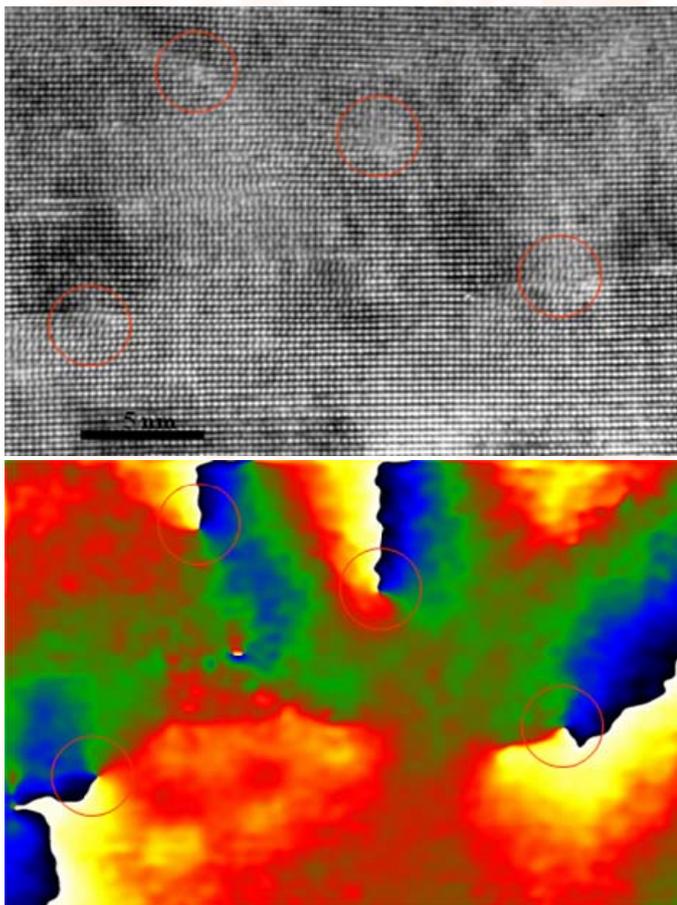
a) Κρυσταλλίτης με διαστάσεις μικρότερες των 5 nm (~4,2nm) και απόσταση πλεγματικών επιπέδων 0.315 nm,  $\text{CeO}_2$  ( $d_{111} = 0.312\text{nm}$ ). b) Κρυσταλλίτες που οι διαστάσεις τους είναι περίπου 15nm (13.9 και 16.8 αντίστοιχα) και απόσταση πλεγματικών επιπέδων 0.394nm  $\text{LaMnO}_3$  ( $d_{100} = 0.388\text{nm}$ ).

#### 5. Μελέτη του SiC



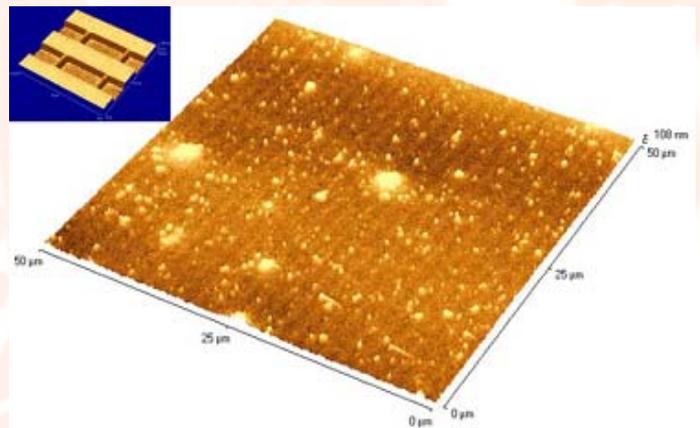
Απεικόνιση πολλαπλής διδυμίας και αντίστοιχη εικόνα περίθλασης σε 3C-SiC

## 6. Ποσοτικός προσδιορισμός πεδίων παραμόρφωσης στη νανοκλίμακα.

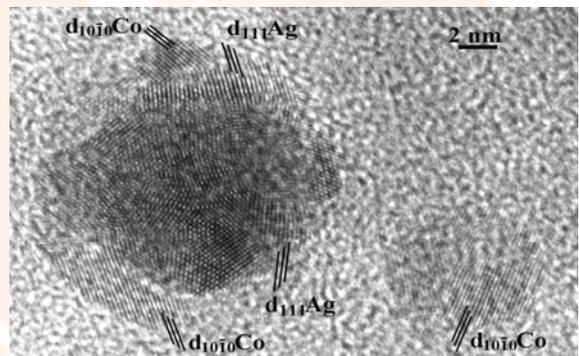


Χαρακτηρισμός κλασματικών εξαρμόσεων σε υμένιο GaN διαμέσου της παρατήρησης των πεδίων παραμόρφωσης όπως αναδεικνύονται από την εικόνα της φάσης.

## 7. Μαγνητικές νανοδομές



Αυτοσυγκρότηση μαγνητικών νανοσωματιδίων πάνω σε διαμορφωμένα υποστρώματα.

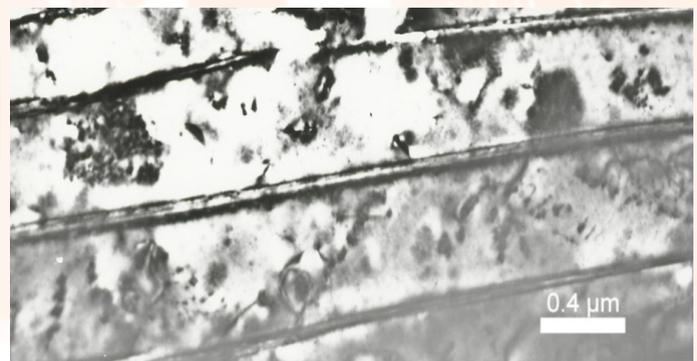


Εικόνα HRTEM από δύο διμεταλλικά νανοσωματίδια Ag-Co45. Το μεγαλύτερο δείχνει ένα πυρήνα Ag με ένα λεπτό και ασυνεχή φλοιό από h.c.p. Co ενώ το μικρό είναι ένα μονοκρυσταλλικό h.c.p. νανοσωματίδιο Co.

## 8. Υλικά μεγάλης αρχαιολογικής αξίας



Νομίσματα του θησαυρού του Kreshpan (Αλβανία) (αριστερά: Κέρκυρας, μέσο: Βασιλέα Μονούνιου, δεξιά: Δυρραχίου).



# Ο ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΝΤΙΚΥΘΗΡΩΝ



ΚΕΝΤΡΟ  
ΔΙΑΔΟΣΗΣ  
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
& ΜΟΥΣΕΙΟ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



Στις 4 Μαρτίου 2013 πραγματοποιήθηκε στις εγκαταστάσεις του «Νόησις» εκδήλωση με θέμα το μηχανισμό των Αντικυθήρων. Ο καθηγητής του Τμήματος Φυσικής Ι. Σειραδάκης παρουσίασε τις κύριες πτυχές της μελέτης του Μηχανισμού και ο αναπλ. καθηγητής του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Κ. Ευσταθίου αναφέρθηκε στην κατασκευή (κατά το 2<sup>ο</sup> π.Χ. αιώνα) και την πρόσφατη ανακατασκευή του Μηχανισμού. Στο τέλος της εκδήλωσης ο Πρύτανης του Α.Π.Θ. Καθ. Ι. Μυλόπουλος παρέδωσε στο γενικό διευθυντή του «Νόησις» κ. Θ. Κοντονικολάου το νέο ομοίωμα του Μηχανισμού των Αντικυθήρων.

## ΤΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΑ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

Κατά τη διάρκεια του Σεπτεμβρίου γίνονται δεκτές αιτήσεις για την εισαγωγή στα Προγράμματα Μεταπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος.

### Πληροφορίες

- Ηλεκτρονικής Φυσικής (Ραδιοηλεκτρολογίας)  
E-mail: [elecom@physics.auth.gr](mailto:elecom@physics.auth.gr) - Τηλ: 2310 998550
- Φυσικής και Τεχνολογίας Υλικών  
E-mail: [materials@physics.auth.gr](mailto:materials@physics.auth.gr) - Τηλ: 2310 998950
- Φυσικής Περιβάλλοντος  
E-mail: [lap@physics.auth.gr](mailto:lap@physics.auth.gr) - Τηλ: 2310 998156
- Υπολογιστικής Φυσικής  
E-mail: [alask@physics.auth.gr](mailto:alask@physics.auth.gr) - Τηλ: 2310 998550
- Νανοεπιστήμες & Νανοτεχνολογίες  
(Διατμηματικό ΠΜΣ)  
E-mail: [nninfo@physics.auth.gr](mailto:nninfo@physics.auth.gr) - Τηλ: 2310 998952

