



Η συμβολή της Ελλάδας στην αττοφυσική



► Του ΣΠΥΡΟΥ ΜΑΝΟΥΣΙΑΣΗ

Το φετινό βραβείο Νόμπελ Φυσικής μοιράστηκαν οι Pierre Agostini (The Ohio State University, Columbus, ΗΠΑ), Ferenc Krausz (Max Planck Institute of Quantum Optics, Garching and Ludwig-Maximilians-Universität München, Γερμανία) και η Anne L' Huillier (Lund University, Σουηδία). Τρεις πρωτοπόροι ερευνητές της αττοφυσικής, δηλαδή της μικροφυσικής του αττοδευτερολέπτου (attosecond, ισούται με ένα δισεκατομμυριοστό του δισεκατομμυριοστού του δευτερολέπτου). Με αυτή την ευκαιρία, ζητήσαμε από τον δρ.α Ελευθέριο Γουλιελμάκη, πρωτοπόρο ερευνητή σε αυτόν τον τομέα έρευνας και στενό συνεργάτη του νομπελίστα Ferenc Krausz, να μας παρουσιάσει τη σημασία αυτών των ερευνών και τον ρόλο της Ελλάδας σε αυτές.

● Το φετινό Νόμπελ Φυσικής απονεμήθηκε στους Pierre Agostini, Ferenc Krausz και Anne L' Huillier για την ανάπτυξη νέων μεθόδων για τη μελέτη της δυναμικής των ηλεκτρονίων που παράγουν παλμούς φωτός διάρκειας «αττοδευτερολέπτων». Ως διατηρητής ειδικός σε αυτόν τον τομέα έρευνας και στενότερας συνεργάτης του Ferenc Krausz, θέλατε να μας εξηγήσετε ποια είναι η επιστημονική σημασία και τεχνολογική αξία των ανακαλύψεων στη αττοφυσική;

Η κβαντική επανάσταση, που άλλαξε εκ θεμελίων τη φυσική στον αρχέο του περασμένου αιώνα, αναγνώρισε ότι τα ηλεκτρόνια, πολύ μικρά σωματίδια μέσα στην ύλη, είναι υπεύθυνα για τον κόσμο όπως τον βλέπουμε. Ανάλογα με το πώς κινούνται, μεταπηδούν δηλαδή, από το ένα άτομο στο άλλο αλλά και στον χώρο μεταξύ ατόμων στα διάφορα υλικά, καθορίζουν τις χημικές τους ιδιότητες: αν το υλικό είναι ανθεκτικό ή όχι, αν είναι μέταλλο ή μονωτής, αν αντανάκλατο

Ο δρ Ελευθέριος Γουλιελμάκης μας μιλά για το έργο του στην αττοφυσική, το νέο ερευνητικό πεδίο που βραβεύτηκε φέτος με το Νόμπελ Φυσικής



Ο Ελευθέριος Γουλιελμάκης στο εργαστήριο αττοφυσικής του Πανεπιστημίου Ρόστωκ, όπου διδάσκει και εργάζεται σήμερα

φως ή όχι. Μόνο που η κίνηση των ηλεκτρονίων συμβαίνει με ιλιγγιώδεις ταχύτητες. Σκεφτείτε ότι ένα ηλεκτρόνιο χρειάζεται μόνο 150 αττοδευτερόλεπτα για να περιστρέφει γύρω από τον πυρήνα του ατόμου.

Το αττοδευτερόλεπτο με τη σειρά του αντιστοιχεί σε ένα δισεκατομμυριοστό του δισεκατομμυριοστού του δευτερολέπτου. Φυσικά το χρονικό διάστημα αυτό είναι τόσο σύντομο που δεν γίνεται καν αντιληπτό με βάση την ανθρώπινη εμπειρία. Οι φυσικοί του περασμένου αιώνα δύσκολα θα φανταζόνταν ότι οι πειραματικές τεχνικές στη φυσική θα εξελίσσονταν ποτέ αρκετά ώστε να επιτρέπουν την παρατήρηση των ηλεκτρονίων καθώς κινούνται σε πραγματικό χρόνο μέσα στην ύλη. Ταυτόχρονα όμως ήξεραν ότι ο δρόμος που θα επιτρέψει στον άνθρωπο να δαμάσει την ύλη, δηλαδή να καταλάβει καλύτερα τη χημεία των υλικών που η φύση μας χαρίζει, αλλά και να δημιουργήσει νέα υλικά που δεν υπάρχουν ακόμα, περνά μέσα από την κατανόηση του κόσμου των ηλεκτρονίων. Μα πώς μπορεί κανείς να κατανοή

σει κάτι αν δεν μπορεί να το παρατηρήσει καν;

Στο όνομα των βραβευθέντων, το φετινό βραβείο Νόμπελ Φυσικής αναγνωρίζει τα επιτεύγματα μιας σχετικά μικρής επιστημονικής κοινότητας που πίστεψε ότι είχε έρθει ο καιρός να ασχοληθούν με αυτό το δύσκολο αλλά θεμελιώδες πρόβλημα. Πώς; Η βασική ιδέα μπορεί να γίνει κατανοητή από όλους. Οι επιστήμονες ανέπτυξαν παλμούς λέιζερ υπερύψους ακτινοβολίας. Κάτι σαν το φλας της φωτογραφικής μηχανής στο κινητό μας. Μόνο που τα φλας αυτά είναι φλας αττοδευτερολέπτων είναι δηλαδή τόσο σύντομα που μπορούν να «παγώσουν την εικόνα» των ηλεκτρονίων για λίγο και να τα απεικονίσουν με ειδικές κάμερες.

Όπως αντιλαμβάνεται κανείς, το πεδίο της αττοφυσικής ανήκει τον δρόμο για τη βαθιά κατανόηση των μυστικών της ύλης στο επίπεδο των ηλεκτρονίων που με τη σειρά της επηρεάζει την τεχνολογία της πληροφορίας πολλά άλλα πεδία της σύγχρονης επιστήμης από τη βιολογία μέχρι την τεχνολογία της πληροφορίας. Για παράδειγμα, είναι πολύ πιθανή η ανάπτυξη νέων τύπων ηλεκτρονικών κυκλωμάτων που θα μπορούσαν να επεξεργάζονται ηλεκτρικά σήματα χιλιάδες φορές πιο γρήγορα σε σχέση με τα σημερινά με σημαντικές εφαρμογές στη μοντέρνα κοινωνία της πληροφορίας.

● Οι έρευνες και η προσφορά σας σε αυτόν τον τομέα έρευνας αναγνωρίζονται διεθνώς. Γιατί επιλέξατε να εργαστείτε σε ένα άγνωστο (γνώστο) και επισφαλές (επαγγελματικά) πεδίο έρευνας της αττοφυσικής και ποια ήταν η πολυετής συνεργα-

σία σας με τον Ferenc Krausz;

Είναι δύσκολο να απαντήσει κανείς ειλικρινά στο πρώτο μέρος της ερώτησής σας. Κατά τη διάρκεια των σπουδών μου στην Κρήτη είχα την τύχη να έρθω σε επαφή με την ομάδα του καθηγητή Δημήτρη Χαραλαμπίδη, στο Ινστιτούτο Ηλεκτρονικής Δομής και Λέιζερ του ΙΤΕ που εκείνα τα χρόνια εργάζονταν στα πρώτα διερευνητικά πειράματα αυτού του πεδίου. Η ομάδα της Κρήτης, που είναι ενεργή και σήμερα, είναι μεταξύ εκείνων που κατά τη γνώμη μου έχουν παίξει σημαντικό ρόλο στο ξεκίνημα αλλά και στην ανάπτυξη του πεδίου της αττοφυσικής.

Προσωπικά, έβρισκα δელταστικό, τότε αλλά ακόμα και σήμερα, να εστιάζω σε φυσικά προβλήματα για τα οποία το μονοπάτι προς τη λύση τους δεν είναι ξεκάθαρο. Καμία φορά ούτε οι ερωτήσεις δεν είναι ξεκάθαρα διατυπωμένες. Βλέπετε στη μοντέρνα επιστήμη να θέσεις τις σωστές ερωτήσεις είναι καμιά φορά πιο δύσκολο από να βρεις τις απαντήσεις τους. Αισθάνθηκα ότι το νέο αυτό πεδίο έρευνας -τότε δεν είχε καν όνομα- ήταν αρκετά απαιτητικό, ώστε ίσως άξιζε να επενδύσει κανείς μια επιστημονική καριέρα σε αυτό. Το ρίσκο φυσικά ήταν μεγάλο, αλλά αυτό είναι αναπόσπαστο κομμάτι της επιστημονικής περιπέτειας γενικότερα.

Με τον καθηγητή Ferenc Krausz με συνδέει μια στενή σχέση που κρατά πάνω από δύο δεκαετίες. Αρχικά ως επιβλέπωντα της διδακτορικής μου διατριβής στη Βιέννη και στο Μόναχο που είχε ως φιλόδοξο στόχο τη φωτογράφιση του ίδιου του φωτός για πρώτη φορά -των ταλαντώσεων του πεδίου του, στη γλώσσα των φυσικών- έπειτα ως συνεργάτης κατά τις μεταδιδακτορικές μου έρευνες στην αττοφυσική, αλλά και ως διευθυντής του Ινστιτούτου Μαξ Πλανκ, το οποίο θα φιλοξενούσε την ερευνητική μου ομάδα για αρκετά χρόνια πριν μεταβώ στο Ρόστωκ όπου μου προσφέρθηκε η έδρα της Φυσικής. Στον Ferenc αναγνωρίζω έναν επιστήμονα που όχι μόνο επηρέασε σημαντικά την επιστημονική μου σκέψη, αλλά και κάποιον που ξέρε να δημιουργεί ιδανικές συνθήκες για τους άλλους, ώστε να βαδίσουν το δικό τους μονοπάτι στην επιστήμη.

● Όπως αναφέρατε, στο πεδίο έρευνας της αττοφυσικής, μια ομάδα Ελλήνων ερευνητών που εργάζεται στο Ίδρυμα Τεχνολο-

γίας και Έρευνας στην Κρήτη έχει παρουσιάσει διεθνώς αξιόλογο και πρωτότυπο έργο. Ωστόσο, η έρευνα στο δημόσιο Πανεπιστήμιο στον τόπο υποφέρει (διαχρονικά), επειδή είτε δεν στηρίζεται επαρκώς είτε απαξιώνεται παντελώς από την Πολιτεία. Αραγε, η «μαγική συνταγή» της ιδιωτικοποίησης των Πανεπιστημίων και της έρευνας θα ήταν μία ρεαλιστική λύση στον τόπο μας;

Η ιδέα της ιδιωτικοποίησης της εκπαίδευσης και της έρευνας ως το μυστικό της επιτυχίας πηγάζει από εξωγενή μοντέλα επιτυχίας (κυρίως αμερικανικά) των οποίων η ερμηνεία από πολλούς γίνεται δυστυχώς «α λα καρτ». Απέχει πολύ από την αλήθεια ότι ένα ιδιωτικό Πανεπιστήμιο, που στηρίζεται οικονομικά από τα διδάκτρα που πληρώνουν οι φοιτητές, μπορεί να εκπαιδευτεί αλλά και να διεξάγει έρευνα υψηλού επιπέδου έτσι απλά. Ακόμα και στα μεγάλα Πανεπιστήμια της Αμερικής τα διδάκτρα συνεισφέρουν κάτω από το 20% του προϋπολογισμού τους, ενώ το υπόλοιπο καλύπτεται από δωρεές των πρώην αποφοίτων τους. Η δε έρευνα στηρίζεται κατά κύριο βαθμό από κρατικές επιχορηγήσεις και κοινοφελή ιδρύματα.

Η ιδέα της σύνδεσης του Πανεπιστημίου με τη βιομηχανία έχει φυσικά και σημαντικά πρακτικά οφέλη, αλλά ο ιδιωτικός τομέας δεν μπορεί να χρηματοδοτήσει έρευνα της οποίας τα αποτελέσματα θα γίνουν ισως ορατά σε βάθος τριακονταετίας. Και η ιστορία έχει δείξει επανειλημμένα ότι αυτή η βασική έρευνα είναι που αλλάζει την ανθρώπινη κοινωνία προς το καλύτερο και επηρεάζει την καθημερινή ζωή των πολιτών. Κατά τη γνώμη μου, λοιπόν, η λύση δεν θα έρθει με την ίδρυση ιδιωτικών Πανεπιστημίων.

Μεγάλα ιδιωτικά Πανεπιστήμια της Αμερικής έχουν ήδη παρατηρήματα σε πολλές χώρες του κόσμου. Τα ξέρετε; Μάλλον όχι. Το λουλουδι ανθίζει στο γόνιμο έδαφος όχι στην έρημο. Η Ελλάδα οφείλει και μπορεί να δημιουργήσει το γόνιμο έδαφος για τα Πανεπιστήμια που ήδη έχει αντί να ψάχνει άλλα. Αυτονομία στα Πανεπιστήμια για τον περιορισμό της γραφειοκρατίας και χρηματοδότηση ικανή να σταματήσει την αιμορραγία επιστημόνων προς το εξωτερικό είναι απαραίτητα άμεσα. Γίνεται; Νομίζω πως ναί.

Ποιος είναι

Ο ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ ΓΟΥΛΙΕΛΜΑΚΗΣ γεννήθηκε το 1975 στο Ηράκλειο Κρήτης. Το 2000 παίρνει πτυχίο Φυσικής από το Πανεπιστήμιο Κρήτης. Μετά από μεταπτυχιακές σπουδές σε Αυστρία και Γερμανία αποκτά το διδακτορικό δίπλωμά του στη Φυσική από το Πανεπιστήμιο του Μόναχου. Από το 2005 εργάζεται ως ερευνητής και κατόπιν ως ιδρυτής, διευθυντής της κορυφαίας ερευνητικής ομάδας «Αττοηλεκτρονικής» του Ινστιτούτου Κβαντικής Οπτικής Max Planck. Το 2012, κερδίζει το κορυφαίο βραβείο Gustav Hertz της Γερμανικής Φυσικής Εταιρείας (DPG) για τη συμβολή του στον τομέα της αττοφυσικής. Σήμερα, διδάσκει και διευθύνει το εργαστήριο αττοφυσικής στο πανεπιστήμιο του Ρόστωκ.