



ΕΛΙΔΕΚ.
Ελληνικό Ίδρυμα Έρευνας & Καινοτομίας

Περιγραφή Χρηματοδοτούμενου Ερευνητικού Έργου
1η Προκήρυξη Ερευνητικών Έργων ΕΛ.ΙΔ.Ε.Κ. για την
ενίσχυση των Μελών ΔΕΠ και Ερευνητών/τριών και την
προμήθεια ερευνητικού εξοπλισμού μεγάλης αξίας

Τίτλος Ερευνητικού Έργου: Εφαρμογές μη-γραμμικών φαινομένων υπεριώδους κενού παλμών αττοδευτερολέπτων

Επιστημονικός/ή Υπεύθυνος/η: Καθ. Δημήτριος Χαραλαμπίδης

Φιλικός προς τον αναγνώστη τίτλος: NEA-APS

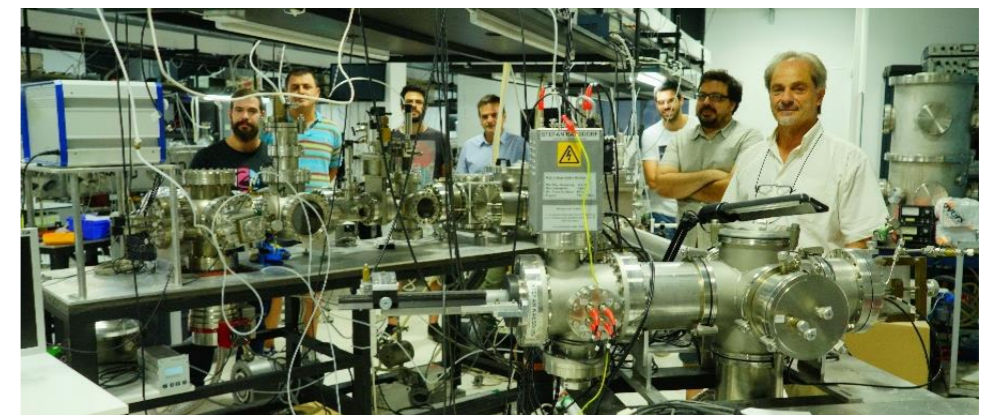
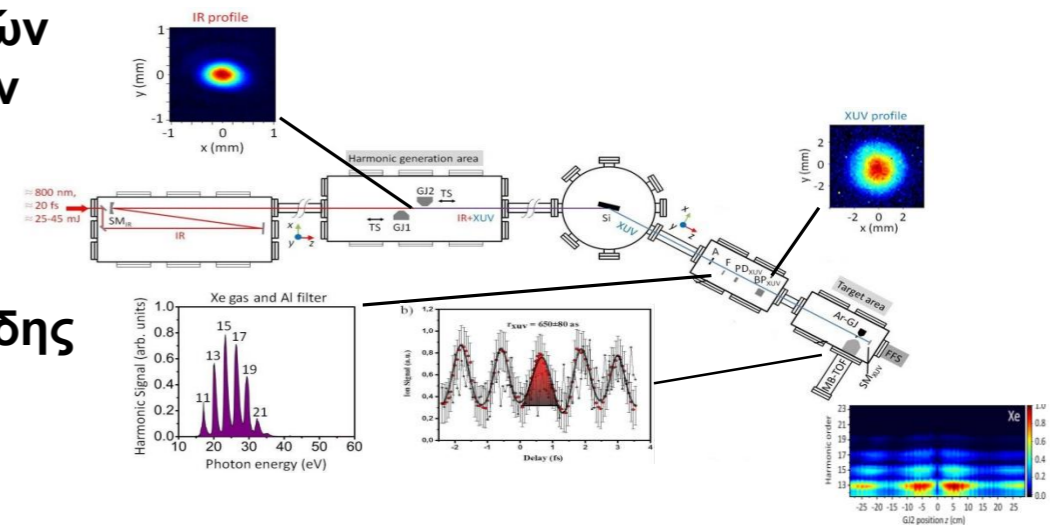
Επιστημονική Περιοχή: Φυσικές Επιστήμες

Φορέας Προέλευσης και Χώρα: Ι.Τ.Ε., Ελλάς

Φορέας Υποδοχής: Ι.Τ.Ε.

Συνεργαζόμενος Φορέας:

Univ. Autónoma de Madrid, Univ. College Dublin, Univ. College London, Max Planck f. Kernphysik, ELI-ALPS, Univ. of Bourgogne, Univ. of Göttingen and Univ. of Freiburg.



Ποσό Χρηματοδότησης: 199.980,00 Ευρώ

Διάρκεια Χρηματοδότησης: 36 μήνες

Σύνοψη Ερευνητικού Έργου

Το NEA-APS εγκαινιάζει την θεματική περιοχή των ισχυρά μη-γραμμικών φαινομένων στο υπεριώδες κενού (ΥΚ) και στην sub-fs χρονική κλίμακα καθώς και την εφαρμογή μη γραμμικών διαδικασιών ΥΚ χαμηλότερης τάξης για τη μελέτη της υπερ-ταχείας δυναμικής σε άτομα και μόρια. Αξιοποιεί τις πηγές ΥΚ του Εργαστηρίου Επιστήμης και Τεχνολογίας Αποδευτερολέπτων (AST-Lab) του ΙΤΕ-ΙΗΔΛ, προσφέροντας παγκοσμίως μοναδικές επί του παρόντος ενέργειες παλμών ΥΚ (μερικές εκατοντάδες μJ) με διάρκεια παλμού $<1\text{fs}$. Υπογραμμίζει περαιτέρω την επιστημονική προοπτική της υπό υλοποίηση Εθνικής Ερευνητικής Υποδομής HELLAS-CH αυτού του κεντρικού εργαστηρίου. Η μελέτη ισχυρά μη γραμμικών φαινομένων στο ΥΚ περιλαμβάνει: πολλαπλό ιονισμό ευγενών αερίων μέσω απορρόφησης πολλών φωτονίων ΥΚ, καθώς και φασματικές μετατοπίσεις (ponderomotive shifts) που προκαλούνται από την ακτινοβολία ΥΚ και την χρήση τους π.χ. σε μια νέα προσέγγιση της μετρολογίας παλμών αποδευτερολέπτων. Μελέτες υπερ-ταχείας δυναμικής σε άτομα και μικρά μόρια (H_2 , O_2) αφορούν επανεξετάσεις προηγούμενων πειραμάτων EUV-rump-EUV-probe της ομάδας, εφαρμόζοντας τώρα σήμανση CEP (CEP tagging) και χρησιμοποιώντας μικρότερου χρονικού εύρους παλμούς, επιτρέποντας έτσι την εξαγωγή επιπρόσθετης πληροφορίας, όπως η διάρκεια απομονωμένων παλμών asec, οι συχνότητες ταλαντώσεις σύμφωνης υπέρθεσης μοριακών ηλεκτρονικών ιδιοκαταστάσεων του H_2 και η δυναμική του συνεχούς Schumann-Runge στο O_2 . Πρόσθετοι στόχοι του έργου είναι τα συνεχή φάσματα φωτοηλεκτρονίων του άμεσου διπλού ιονισμού στο He, η δυναμική ατομικής συμφωνίας φάσης σε ατομικά συστήματα (He και άλλα ευγενή αέρια) των καταστάσεων άρτιας ομοτιμίας, μέτρηση φάσεων αυτοιονισμού (Fano) μέσω κβαντικών συμβολομετρικών μεθόδων με χρήση αποκλειστικά της ακτινοβολίας ΥΚ και της δυναμικής ισομερισμού $\text{HCCH} \rightarrow \text{CCHH}$ του ακετιλενίου.

Στην τελευταία φάση του έργου, όταν ο απαιτούμενος εξοπλισμός θα τεθεί σε λειτουργία στην Ευρωπαϊκή Ερευνητική Υποδομή ELI, προηγμένες εκδόσεις ορισμένων από τα παραπάνω πειράματα θα εφαρμοστούν σε πειράματα που θα πραγματοποιηθούν στην ELI-ALPS, αξιοποιώντας τον υψηλό ρυθμό εκπομπής παλμών laser (repetition rate) σε μετρήσεις σύμπτωσης ιόντων-ηλεκτρονίων, ηλεκτρονίων-ηλεκτρονίων χρησιμοποιώντας τους τερματικούς σταθμούς μικροσκοπίου αντίδρασης της υποδομής.

Πρωτοτυπία του Ερευνητικού Έργου

Ξεκινώντας από την αρχή της αβεβαιότητας, εύκολα διαπιστώνουμε ότι ο χωρικός περιορισμός σε ατομικές / μοριακές διαστάσεις μεταφράζεται σε χαρακτηριστικούς χρόνους κίνησης της τάξης των 100 αττοδευτερολέπτων (asec) ($1 \text{ atto} = 10^{-18}$) έως και λίγα fs. Πράγματι, η ηλεκτρονική κίνηση σε μόρια, άτομα και στερεά, έχει τυπικούς χαρακτηριστικούς χρόνους που κυμαίνονται από 1 asec έως λίγα fs. Οι τυπικές περίοδοι μοριακής δόνησης κυμαίνονται από εκατοντάδες έως δεκάδες fs, ενώ η συζευγμένη κίνηση ηλεκτρονίων-πυρήνων καθώς και η αδιαβατική μοριακή κίνηση διαμέσου π.χ. κωνικών διασταυρώσεων διαρκεί μερικά fs έως και αρκετές δεκάδες fs. Η μελέτη τέτοιας δυναμικής απαιτεί χρήση παλμών με διάρκεια sub-fs / asec. Οι παλμοί αττοδευτερολέπτων παράχθηκαν πριν από δύο δεκαετίες μέσω της διαδικασίας της Γένεσης Υψηλότερων Αρμονικών (High Harmonic Generation (HHG)).

Παρά την επιτυχή εφαρμογή συνδυασμού παλμών υπέρυθρου (IR) και υπεριώδους κενού (EUV) σε πειράματα “rump-probe” που στοχεύουν στην μελέτη υπερταχείας δυναμικής, ο παλμός IR συχνά διαταράσσει τα δυναμικά του υπό μελέτη συστήματος, τροποποιώντας την εγγενή δυναμική του. Για την πρόσβαση στην πραγματική δυναμική του συστήματος, η μέθοδος «EUV-rump-EUV-probe» είναι ιδανική, χρησιμοποιώντας πηγές EUV με αρκετά υψηλές εντάσεις ώστε να προκαλέσουν μη γραμμικές διαδικασίες στην φασματική περιοχή του EUV αλλά όχι πολύ υψηλές που να διαταράξουν το σύστημα. Στα περισσότερα εργαστήρια αττοδευτερολέπτων τέτοια πειράματα δεν ήταν εφικτά λόγω της έλλειψης των απαιτούμενων εντάσεων στο EUV. Ενώ τα λέιζερ ελεύθερων ηλεκτρονίων (Free Electron Lasers (FEL)) μικρού μήκους κύματος παρέχουν ενέργειες παλμού αρκετά υψηλές για μελέτες «EUV-rump-EUV-probe», η διάρκεια παλμού τους είναι ακόμα μεγαλύτερη από εκείνη των “table – top” πηγών που βασίζονται σε οδήγηση από λέιζερ, πράγμα το οποίο συνιστά περιοριστικό παράγοντα όσον αφορά την χρονική ανάλυση. Αυτό είναι ακριβώς το κίνητρο και η καινοτομία του «NEA-APS», δηλαδή η μελέτη υπερταχείας δυναμικής σε ορισμένα αντιπροσωπευτικά συστήματα, πραγματοποιώντας πειράματα «EUV-rump-EUV-probe» με asec χρονική ανάλυση. Η έρευνα διευκολύνεται από το πρόσφατα αναβαθμισμένο εργαστήριο AST-Lab που οδήγησε σε παγκόσμιο ρεκόρ των ενεργειακών παλμών HHG παρέχοντας παλμούς EUV με ενέργεια της τάξης των εκατοντάδων μJ και εντάσεων $> 10^{15} \text{ W} / \text{cm}^2$.

Αναμενόμενα αποτελέσματα & Αντίκτυπος του Ερευνητικού Έργου

Η επί σειρά ετών και κατ' επανάληψη θετικά αξιολογημένη λειτουργία του εργαστηρίου Επιστήμης & Τεχνολογίας Αττοδευτερολέπτων δείχνει ότι η ερευνητική εργασία που πραγματοποιήθηκε σε αυτό, τακτικά και συχνά οδηγεί σε:

- 1) δημοσιεύσεις υψηλού προφίλ και προσκλήσεις σε μεγάλες επιστημονικές διοργανώσεις που ενισχύουν τη διεθνή προβολή του εργαστηρίου και του ιδρύματος φιλοξενίας του
- 2) προσέλκυση νέων πόρων που διασφαλίζουν τη βιωσιμότητα της λειτουργίας του εργαστηρίου και των δραστηριοτήτων του
- 3) ανάπτυξη νέων μεθόδων και προϊόντων που αξιοποιούνται π.χ. μέσω συμβάσεων E & A από προηγμένες ερευνητικές υποδομές, ενδεικτικά ενός προχωρημένου επιπέδου τεχνογνωσίας
- 4) προηγμένες ευκαιρίες πρόσβασης σε διεθνείς και εθνικούς χρήστες της ερευνητικής υποδομής στην οποία συμμετέχει το εργαστήριο
- 5) εκπαίδευση νέων επιστημόνων, αρκετοί από τους οποίους ακολουθούν επιτυχημένη σταδιοδρομία
- 6) παροχή ενός διεθνούς ερευνητικού περιβάλλοντος το οποίο διευκολύνει την προσέλκυση ερευνητών υψηλού επιπέδου από το εξωτερικό, τον επαναπατρισμό εξειδικευμένου επιστημονικού ανθρώπινου δυναμικού και έναν ενεργό ρόλο στις διεθνείς ερευνητικές εξελίξεις και πολιτικές.

Το παρόν έργο θα συμβάλει περαιτέρω σε όλα τα παραπάνω.

Η σημασία της χρηματοδότησης

Η ίδρυση του ΕΛ.ΙΔ.ΕΚ. το 2017 αποτελεί μια μοναδική μεταρρύθμιση στην Έρευνα και Καινοτομία στην Ελλάδα. Είναι η πρώτη φορά που η χώρα διαθέτει ένα ίδρυμα που χρηματοδοτεί την έρευνα σε διαφορετικά επίπεδα επιστημονικής σταδιοδρομίας και που επεκτείνεται από την έρευνα που βασίζεται στην περιέργεια έως τη δημιουργία και τη λειτουργία νεοσύστατων επιχειρήσεων που εκμεταλλεύονται ερευνητικά αποτελέσματα. Με το ΕΛ.ΙΔ.ΕΚ., σε εμάς τους επιστήμονες, προσφέρεται για πρώτη φορά, σε εθνικό επίπεδο, ένα εργαλείο το οποίο στηρίζει την καινοτόμο έρευνα και την κατάρτιση μέσω έρευνας, όπως το ERC στην Ευρώπη, το NSF στις ΗΠΑ ή η DFG στη Γερμανία για να δώσουμε μερικά παραδείγματα από τα πολλά που υπάρχουν παγκοσμίως.

Σε αυτό το πλαίσιο, το παρόν έργο συμπληρώνει τη χρηματοδότηση των ερευνητικών δραστηριοτήτων της ομάδας μας, υποστηρίζει την προηγμένη εκπαίδευση αρκετών νέων επιστημόνων (διδακτορικοί φοιτητές και μεταδιδακτορικοί συνεργάτες) και διευκολύνει τη συνέχιση των μακροχρόνιων επιτυχημένων ερευνητικών επιτευγμάτων του εργαστηρίου μας.

Σε προσωπική βάση, συμπληρώνει τα κίνητρα του Επιστημονικού Υπεύθυνου για να παραμείνει ερευνητικά ενεργός και ως ομότιμος καθηγητής.



ΕΛΙΔΕΚ.
Ελληνικό Ίδρυμα Έρευνας & Καινοτομίας

ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

Λ. Συγγρού 185 & Σάρδεων 2
ΤΚ. 17121, Νέα Σμύρνη, Ελλάδα
210 64 12 410, 420
communication@elidek.gr
www.elidek.gr