

## **X. Ευθυμιόπουλος, Ερευνητής Β'**

### **4. Κβαντικές εξισώσεις κίνησης και χρόνοι άφιξης**

Κατά τα τελευταία χρόνια, με συνεργασία του Ακαδημαϊκού κ. Γ. Κοντόπουλου, του Ερευνητού Β' Δρ. X. Ευθυμιόπουλου, του μεταδιδακτορικού συνεργάτη Δρ. Κ. Καλαποθαράκου, και του υποψήφιου διδάκτορος Ν. Δελή, του οποίου επιβλέπων είναι ο Χ.Ε., έχουμε εκπονήσει σειρά μελετών σχετικά με τις εφαρμογές της λεγόμενης θεωρίας de Broglie - Bohm στην κβαντική μηχανική. Στη συνήθη θεώρηση της κβαντομηχανικής, ένα σωματίο (π.χ. ηλεκτρόνιο) δεν κινείται σε μία καλά καθορισμένη τροχιά, αλλά έχει ορισμένη πιθανότητα να ανιχνευθεί σε κάποια θέση ή τιμή της ταχύτητας (ορμής). Εντούτοις, στη θεωρία de Broglie - Bohm θεωρούμε “κβαντικές τροχιές” (quantum trajectories), οι οποίες υπολογίζονται από τα κβαντομηχανικά ρεύματα που αντιστοιχούν σε δοθείσα κυματοσυνάρτηση π.χ. του ηλεκτρονίου. Η θεωρία αυτή έχει προκαλέσει ζωνρό ενδιαφέρον κατά τα τελευταία χρόνια, καθώς απαντά σε πολλά “παράδοξα” που αναφέρονται στη συνήθη ερμηνεία της κβαντομηχανικής (ερμηνεία της Κοπεγχάγης).

Στη μελέτη μας ασχοληθήκαμε με ένα κατ'εξοχήν κβαντικό φαινόμενο, δηλ. την περίθλαση ηλεκτρονίων μέσα από κρυστάλλους ή λεπτά φύλλα πολυκρυσταλλικών υλικών. Τα ηλεκτρόνια “σκεδάζονται”, διασκορπίζονται δηλαδή προς διάφορες διευθύνσεις μετά την πρόσκρουση στον κρυσταλλικό στόχο, ενώ η κυματική τους φύση εκδηλώνεται με την εμφάνιση των λεγόμενων σχημάτων περίθλασης (diffraction patterns) από τη συγκέντρωση πολλών σκεδαζόμενων ηλεκτρονίων σε συγκεκριμένες γωνίες σκέδασης (γωνίες Bragg).

Εφαρμόζοντας τώρα τη θεωρία de Broglie - Bohm στο παραπάνω πρόβλημα βρήκαμε μια σειρά από πρωτότυπα αποτελέσματα. Συγκεκριμένα:

1) Δείξαμε ότι στις κβαντικές τροχιές η γωνία σκέδασης αυξάνει για μεγαλύτερη “παράμετρο κρούσης” (δηλ. την εγκάρσια προς τη διεύθυνση πρόσπτωσης απόσταση των ηλεκτρονίων από το στόχο), ενώ στη κλασική θεωρία σκέδασης συμβαίνει το αντίθετο. 2) Προβλέψαμε θεωρητικά και υπολογίσαμε αριθμητικά την ύπαρξη “κβαντικών στροβίλων”, περιοχών δηλαδή στροβιλισμού των κβαντομηχανικών ρευμάτων, των οποίων η δομή ερμηνεύει πλήρως την παραγωγή των παρατηρούμενων περιθλαστικών σχημάτων. 3) Το πιο σημαντικό αποτέλεσμα αφορά τη μελέτη των χρόνων άφιξης ηλεκτρονίων σε ανιχνευτές που τοποθετούνται σε ίσες αποστάσεις αλλά διαφορετικές γωνίες από το στόχο. Δείξαμε ότι οι τροχιές de Broglie - Bohm προβλέπουν μια διαφορά στις μετρήσεις χρόνων ηλεκτρονίων σε διαφορετικές γωνίες. Η διαφορά αυτή εξαρτάται με συγκεκριμένο νόμο από παραμέτρους της ηλεκτρονικής δέσμης (έγκαρσιο μήκος κβαντικής συνάφειας και ενέργεια) που είναι ελέγξιμες πειραματικά. Ως αποτέλεσμα, προτείναμε ένα συγκεκριμένο πείραμα το οποίο είναι τεχνολογικά εφικτό και μπορεί να ελέγξει τη θεωρία. Το αποτέλεσμα αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία διότι ο συνήθης φορμαλισμός της κβαντομηχανικής δεν μπορεί να δώσει συγκεκριμένες προβλέψεις για τις μετρήσεις χρόνων, δεδομένου ότι ο χρόνος δεν εντάσσεται ως μέγεθος στην αλγεβρική δομή της κβαντικής θεωρίας. Αντίθετα, προτείνουμε ότι η θεωρία de Broglie - Bohm παρέχει τη δυνατότητα τέτοιων προβλέψεων

Σχετικά με τα αποτελέσματα αυτά, έχουμε υποβάλει την εργασία:

N. Delis, C. Efthymiopoulos, and G. Contopoulos: 2010,

Quantum trajectory approach and nonlinear phenomena in the diffraction of charged particles

Int. J. Bifurcation and Chaos (submitted), η οποία τελεί υπό κρίση, ενώ συγγράφουμε τώρα δεύτερη εργασία όπου εξετάζουμε τη περίθλαση κβαντικών κυματοπακέτων (αντί επίπεδων κυμάτων) με τις ίδιες μεθόδους. Επίσης, τα αποτελέσματα παρουσιάστηκαν σε ομιλίες του Χ.Ε. στο εξωτερικό και στο εσωτερικό σεμινάριο του KEAEM.