

## Υπόμνημα Ερευνητικού Έργου

Παρακάτω δίνεται μια περίληψη των δημοσιευμένων επιστημονικών εργασιών μου σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά. Οι αριθμοί στις αγκύλες αναφέρονται στις εργασίες όπως παρουσιάζονται στη λίστα δημοσιεύσεων στο βιογραφικό μου σημείωμα.

- Εργασία [1]

Η σύμφωνη μεταφορά πληθυσμού σε ένα σύστημα LICS (laser-induced continuum structure = δομής συνεχούς επαγόμενης από laser), που αποτελείται από δύο δέσμιες καταστάσεις οι οποίες είναι συζευγμένες με δύο πεδία laser με την ίδια κατάσταση συνεχούς, αναλύεται όταν τα πεδία laser έχουν χρονικά εξαρτημένη συχνότητα. Βρίσκουμε ότι κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, για τη χρονική διάταξη των παλμών laser και τη χρονική εξάρτηση των συχνοτήτων τους, μπορεί να επιτευχθεί μεταφορά πληθυσμού υψηλής απόδοσης. Δείχνουμε ότι τα φαινόμενα επιπλέον καναλιών ιονισμού και δυναμικού φαινομένου Stark, τα οποία λαμβάνονται υπόψη στους αναλυτικούς και αριθμητικούς υπολογισμούς μας, έχουν σημαντική συμβολή στην απόδοση μεταφοράς πληθυσμού.

- Εργασία [2]

Η θεωρητική μελέτη του φαινομένου ελέγχου φάσης σε ένα σύστημα με δύο κανάλια ιονισμού αναπτύσσεται. Παρουσιάζουμε αποτελέσματα πάνω σε ελεγχόμενη διέγερση του συστήματος χρησιμοποιώντας είτε συνεχή είτε παλμικά πεδία laser. Δείχνουμε ότι το φαινόμενο της παγίδευσης πληθυσμού, που είναι γνωστό ότι εμφανίζεται στο υπό μελέτη σύστημα, μπορεί να επηρεασθεί από τη διαφορά φάσης μεταξύ των πεδίων laser που χρησιμοποιούνται για τη διέγερση του συστήματος. Ως αποτέλεσμα, η χρονική εξάρτηση των πληθυσμών στις δέσμιες καταστάσεις, όπως και του ιονισμού και της μορφής του φάσματος φωτο-ηλεκτρονίων, μπορεί να ελεγχθεί μέσω της διαφοράς φάσης των πεδίων laser. Δείχνουμε επίσης, ότι αν οι παράμετροι του κβαντικού συστήματος και των πεδίων laser έχουν μια συγκεκριμένη σχέση τότε στο σύστημα δημιουργείται μια υπέρθεση καταστάσεων που δεν επιδέχεται ιονισμό.

- Εργασία [3]

Αναλύουμε θεωρητικά τη διέγερση, μέσω παλμικών πεδίων laser, ενός συστήματος με δύο διακριτές καταστάσεις όπου μια εξ' αυτών βρίσκεται μέσα με ένα συνεχές καταστάσεων και

ενός συστήματος LICS. Μας ενδιαφέρει ιδιαίτερα το φαινόμενο σύμφωνης παγίδευσης πληθυσμού στα συστήματα αυτά. Παρουσιάζουμε αναλυτικές λύσεις και για τα δύο συστήματα, οι οποίες ισχύουν για κάθε μορφής παλμό laser κάτω από αδιαβατική διέγερση του συστήματος. Δίνουμε ιδιαίτερη σημασία στην περίπτωση που έχουμε πεδία laser υψηλών εντάσεων, τα οποία δείχνουμε ότι προκαλούν μείωση στην απόδοση του φαινομένου σύμφωνης παγίδευσης πληθυσμού και προτείνουμε μια λύση για το πρόβλημα αυτό.

- Εργασία [4]

Μελετάμε τη δυνατότητα μεταφοράς πληθυσμού μεταξύ δύο δέσμιων καταστάσεων μέσω μιας διακριτής κατάστασης που βρίσκεται εντός συνεχούς καταστάσεων. Δίνονται οι συνθήκες που πρέπει να ισχύουν για μεταφορά πληθυσμού υψηλής απόδοσης και αναλύεται, μέσω αριθμητικών υπολογισμών, η εξάρτηση της απόδοσης αυτής στην ύπαρξη επιπλέον καναλιών ιονισμού, του δυναμικού φαινομένου Stark και της ανισότητας των παραμέτρων ασυμμετρίας. Επιπλέον, παρουσιάζουμε μια αναλυτική λύση η οποία βοηθά στην κατανόηση της συμπεριφοράς του συστήματος και έχει ισχύ για αδιαβατική διέγερση. Δείχνουμε ότι το υπό μελέτη σύστημα μπορεί να συμπεριφερθεί, κάτω από δεδομένες συνθήκες, είτε ως σύστημα τριών δέσμιων καταστάσεων με απόσβεση είτε ως σύστημα LICS.

- Εργασία [5]

Μελετάμε τα φαινόμενα κβαντικής συμβολής που επάγονται από αυθόρμητη εκπομπή σε ένα κλειστό σύστημα τριών επιπέδων τύπου V. Βρίσκουμε ότι η απορρόφηση και η διασπορά του υλικού μπορεί να επηρεασθεί εάν τα φαινόμενα κβαντικής συμβολής μεγιστοποιηθούν. Το σύστημα μελετάται σε δύο περιπτώσεις, ανάλογα με την ύπαρξη ή όχι μηχανισμών άντλησης. Εφαρμόζοντας ανάλυση βασισμένη στον πίνακα πυκνότητας δείχνουμε ότι τα φαινόμενα της ηλεκτρομαγνητικά επαγόμενης διαφάνειας, της αύξησης του δείκτη διάθλασης και της δράσης laser με ή και χωρίς αναστροφή πληθυσμού συνυπάρχουν στο υπό μελέτη σύστημα. Τα φαινόμενα αυτά μπορούν να ελεγχθούν μέσω των φαινομένων κβαντικής συμβολής επαγόμενων από αυθόρμητη εκπομπή.

- Εργασίες [6] και [22]

Στα παραπάνω δύο άρθρα μελετάμε τη δυνατότητα για σύμφωνο έλεγχο της αυθόρμητης εκπομπής σε ένα σύστημα τεσσάρων επιπέδων. Σαν παράμετρος ελέγχου χρησιμοποιείται η

διαφορά φάσης μεταξύ των δύο πεδίων laser που χρησιμοποιούνται για τη διέγερση του συστήματος. Παρουσιάζουμε σε λεπτομέρεια τις συνθήκες παγίδευσης, τη δυναμική των πληθυσμών και τη συμπεριφορά του φάσματος αυθόρμητης εκπομπής, οι οποίες είναι τώρα εξαρτημένες από τη διαφορά φάσης. Η χρήση δύο πεδίων laser κάνει το σύστημα ανεξάρτητο από περιορισμούς, που σχετίζονται με τα στοιχεία πίνακα του κβαντικού συστήματος, οι οποίοι πρέπει να ικανοποιούνται για να έχουμε φαινόμενα παγίδευσης. Καθώς η διαφορά φάσης των δύο πεδίων laser μεταβάλλεται, μείωση της αυθόρμητης εκπομπής και έντονος περιορισμός φασματικού εύρους παρατηρούνται.

- Εργασίες [7] και [24]

Παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα αριθμητικών υπολογισμών χρησιμοποιώντας τη μέθοδο R-Matrix-Floquet, για τη μελέτη ενός συστήματος LICS στο ήλιο. Η συγκεκριμένη εργασία αποτελεί την πρώτη *ab initio* μελέτη συστήματος LICS σε ένα σύστημα πολλαπλών ηλεκτρονίων. Θεωρούμε την περίπτωση που ένα laser Nd:YAG χρησιμοποιείται για να συνδέσει την κατάσταση  $1s4s \ ^1S^e$  με μια κατάσταση του συνεχούς επηρεάζοντας το φωτονισμό από την κατάσταση  $1s2s \ ^1S^e$ . Τα αποτελέσματα των υπολογισμών είναι σε πολύ καλή συμφωνία με πρόσφατα πειραματικά δεδομένα. Αναλύουμε την επίδραση των επιπλέον καναλιών ιονισμού και της ύπαρξης επιπλέον συστημάτων LICS λόγω της κατάστασης  $1s4d \ ^1D^e$ . Τέλος, αναλύεται η ισχύς των απλών μοντέλων δύο επιπέδων που χρησιμοποιούνται ευρέως για τη μελέτη των συστημάτων LICS, συγκρίνοντας τα αποτελέσματα από τα απλά μοντέλα με τα αποτελέσματα της μεθόδου R-Matrix-Floquet.

- Εργασία [8]

Μελετάμε την αυθόρμητη εκπομπή από ένα σύστημα με δύο δέσμιες καταστάσεις που αποδιεγείρονται στην ίδια κατάσταση. Το σύστημα έχει προετοιμασθεί σύμφωνα και διεγείρεται από ένα πεδίο μικροκυμάτων. Αναγνωρίζονται μια σειρά μηχανισμών συμβολής που οδηγούν σε μείωση του φθορισμού του συστήματος. Σε συνάρτηση με μηχανισμούς που δεν εξαρτώνται από τη φάση του πεδίου και οι οποίοι συμβαίνουν λόγω απορρόφησης και εκπομπής φωτονίων του πεδίου που δημιουργεί τη διέγερση, αναγνωρίζουμε μηχανισμούς που εξαρτώνται από τη φάση και αναλύουμε την προέλευση των μηχανισμών αυτών. Ο συνδυασμός όλων των παραπάνω μηχανισμών δίνει τη δυνατότητα για λεπτομερή έλεγχο του φθορισμού στο σύστημα μας.

- Εργασία [9]

Αναλύουμε ένα σύστημα τριών επιπέδων τύπου V με έμφαση στην αναστροφή πληθυσμού. Μελετώνται τα φαινόμενα κβαντικής συμβολής επαγόμενα από αυθόρμητη εκπομπή και αναγνωρίζεται ως παράμετρος ελέγχου της συμπεριφοράς του συστήματος η διαφορά φάσης μεταξύ των πεδίων laser που χρησιμοποιούνται για τη διέγερση του συστήματος. Δείχνουμε ότι το σύστημα μπορεί να υποστηρίξει μεγάλης απόδοσης αναστροφή πληθυσμού. Αναφέρουμε ότι η απόδοση αναστροφής πληθυσμού είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από εκείνη που βρέθηκε από τους Meduri *et al.* [Phys. Rev. Lett. **71**, 4311 (1993)] σε ένα ανάλογο σύστημα που όμως δεν εμφανίζει φαινόμενα κβαντικής συμβολής επαγόμενα από αυθόρμητη εκπομπή. Τονίζεται ότι η αναστροφή πληθυσμού εξηγεί τη δράση laser χωρίς εξωτερικό μηχανισμό άντλησης που αναφέρθηκε στο άρθρο [5].

- Εργασία [10]

Δείχνουμε για πρώτη φορά ότι η κβαντική συμβολή σε διαδικασίες απόσβεσης σε ένα σύστημα τεσσάρων επιπέδων μπορεί να οδηγήσει, κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, σε διάδοση χωρίς απόσβεση, και σε κάποιες περιπτώσεις, και χωρίς διασπορά, ενός βραχέως παλμού laser μέσω ενός οπτικώς πυκνού υλικού. Το σύστημα μας βασίζεται στην αδιαβατική εξέλιξη μιας “σκοτεινής κατάστασης” του συστήματος. Σε αντίθεση με πρόσφατες προτάσεις που οδηγούν σε διαφάνεια σε συστήματα τριών επιπέδων, στην δική μας πρόταση η χρήση εξωτερικού πεδίου laser για να επάγει την διαφάνεια δεν είναι απαραίτητη, μια και η διαφάνεια είναι ενδογενής. Το σύστημα αυτό μπορεί επίσης να οδηγήσει σε δημιουργία αργών παλμών φωτός.

- Εργασία [11]

Μελετάμε φαινόμενα αυθόρμητης εκπομπής σε δύο διαφορετικά κβαντικά συστήματα που περιέχουν δέσμιες καταστάσεις και καταστάσεις συνεχούς. Βρίσκουμε συνθήκες που πρέπει να ισχύουν για να έχουμε “σκοτεινές γραμμές” (δηλαδή μηδενικά) στο φάσμα της αυθόρμητης εκπομπής. Το γεγονός αυτό είναι απρόσμενο μια και στα συγκεκριμένα συστήματα θα περιμέναμε να μην εμφανίζονται σκοτεινές γραμμές στο φάσμα, λόγω της ύπαρξης επιπλέον μηχανισμών απόσβεσης. Δείχνουμε ότι φαινόμενα κβαντικής συμβολής τύπου Fano, τα οποία εμφανίζονται στα υπό μελέτη συστήματα, δημιουργούν τις σκοτεινές γραμμές.

- Εργασία [12]

Στην εργασία αυτή παρουσιάζουμε τη θεωρητική μελέτη της απορρόφησης και διασποράς ενός συστήματος τριών επιπέδων τύπου  $\Lambda$  το οποίο βρίσκεται μέσα σε ένα φωτονικό υλικό με χάσμα. Χρησιμοποιώντας ένα ισοτροπικό μοντέλο για την περιγραφή του φωτονικού κρυστάλλου, δείχνουμε ότι το σύστημα μας μπορεί να γίνει διαφανές σε μια συγκεκριμένη συχνότητα ενός ασθενούς παλμού laser. Ταυτόχρονα ο παλμός laser αυτός αποκτά πολύ μικρή ταχύτητα ομάδας. Και τα δύο φαινόμενα είναι συνδεδεμένα με το φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικά επαγόμενης διαφάνειας σε ένα σύστημα τριών επιπέδων. Σημειώνεται ότι στο φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικά επαγόμενης διαφάνειας η διαφάνεια επάγεται εξωτερικά με τη δράση ενός επιπλέον πεδίου laser, ενώ στο υπό μελέτη σύστημα η διαφάνεια είναι ενδογενής και εμφανίζεται λόγω της μορφής της πυκνότητας καταστάσεων του φωτονικού κρυστάλλου.

- Εργασία [13]

Δείχνουμε ότι ένα κβαντικό σύστημα με δύο διακριτές καταστάσεις όπου μια εξ' αυτών βρίσκεται μέσα με ένα συνεχές καταστάσεων μπορεί να γίνει διαφανές σε ένα βραχύ παλμό laser. Η συμβολή που οδηγεί στη διαφάνεια είναι ενδογενής και βασίζεται στη δημιουργία, και στη συνέχεια στην αδιαβατική χρονική εξέλιξη μια σκοτεινής κατάστασης στο σύστημα. Παρουσιάζουμε αναλυτικά αποτελέσματα που περιγράφουν το σύστημα λεπτομερώς, κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες αλλά και λεπτομερή αριθμητικά αποτελέσματα. Δείχνουμε ότι η μη αδιαβατική διόρθωση πρώτης τάξης στο σύστημα οδηγεί σε διάδοση του παλμού laser μέσα στο υλικό με ίδια μορφή αλλά με κατά πολύ μειωμένη ταχύτητα ομάδας.

- Εργασία [14]

Αναλύουμε την επίδραση των σκοτεινών καταστάσεων στη διάδοση βραχέων παλμών laser σε συστήματα που περιέχουν διαδικασίες απόσβεσης που εμφανίζουν φαινόμενα κβαντικής συμβολής. Συγκεκριμένα, αναλύουμε τη διάδοση παλμών laser μέτριας ισχύος σε τέτοια σύστημα και παρουσιάζουμε αναλυτικά και αριθμητικά αποτελέσματα. Δείχνουμε ότι η ύπαρξη σκοτεινών καταστάσεων σε δύο διαφορετικά συστήματα με συμβολή τύπου Fano μπορεί να οδηγήσει σε διαφάνεια των συστημάτων αυτών σε βραχείς παλμούς laser, αλλά και σε δημιουργία αργού φωτός.

- Εργασία [15]

Αναλύουμε το πρόβλημα του ελέγχου του κβαντικού φαινομένου σήραγγας σε ένα σύστημα που μπορεί να αντιστοιχηθεί είτε σε ένα μοριακό σύστημα, είτε σε ένα σύστημα ημιαγώγιμων κβαντικών πηγαδιών. Το σύστημα αυτό έχει αναλυθεί στο παρελθόν από τους Kilin *et al.* [Phys. Rev. Lett. **76**, 3297 (1996)] και αποτελείται από ένα συμμετρικό διπλό πηγάδι για τη βασική κατάσταση, η οποία συνδέεται με ένα ισχυρό πεδίο laser με μια διεγερμένη κατάσταση που περιγράφεται από ένα ασύμμετρο διπλό πηγάδι. Αναλύσουμε τις προσεγγίσεις που έγιναν στο άρθρο των Kilin *et al.* και δείχνουμε ότι το φαινόμενο το εντοπισμού του κυματοπακέτου, μπορεί να εξηγηθεί με χρήση των σκοτεινών και φωτεινών καταστάσεων του συστήματος. Στη συνέχεια, γενικεύουμε τις συνθήκες κάτω από τις οποίες έχουμε φαινόμενα εντοπισμού και δείχνουμε ότι τα χαρακτηριστικά της διεγερμένης κατάστασης δεν είναι σημαντικά για να έχουμε εντοπισμό.

- Εργασία [16]

Μελετάμε δύο διαφορετικά ατομικά ή μοριακά συστήματα που βρίσκονται μέσα σε ένα φωτονικό υλικό με χάσμα. Χρησιμοποιούμε μια σειρά από ευρέως αποδεκτά μοντέλα για τη πυκνότητα καταστάσεων του φωτονικού κρυστάλλου και μελετάμε το φάσμα της αυθόρμητης εκπομπής των δύο συστημάτων. Δείχνουμε ότι το φάσμα της αυθόρμητης εκπομπής μεταβάλλεται δραματικά μέσω της μορφής της πυκνότητας καταστάσεων του φωτονικού κρυστάλλου. Προβλέπουμε επίσης την ύπαρξη σκοτεινών γραμμών στο φάσμα της αυθόρμητης εκπομπής λόγω της αλληλεπίδρασης των υπό μελέτη συστημάτων με το φωτονικό υλικό.

- Εργασίες [17] και [19]

Ο σκοπός των εργασιών αυτών είναι η αναφορά της πρώτης πειραματικής παρατήρησης του φαινομένου ηλεκτρομαγνητικά επαγόμενης διαφάνειας σε ένα σύστημα ημιαγώγιμων κβαντικών πηγαδιών και η παρατήρηση του φαινομένου της φασικά κλειδωμένης κβαντικής συμφωνίας. Συγκεκριμένα, παρατηρούμε το φαινόμενο ηλεκτρομαγνητικά επαγόμενης διαφάνειας σε ένα σύστημα που αποτελείται από τρία περιορισμένα ηλεκτρονικά επίπεδα υποζώνης ( $|1\rangle, |2\rangle, |3\rangle$ ) τα οποία έχουν κοντινές διαφορές ενεργειών σε ένα ημιαγώγιμο κβαντικό πηγάδι. Χρησιμοποιώντας ένα ισχυρό πεδίο σύζευξης το οποίο βρίσκεται σε συντονισμό δύο φωτονίων με την μετάβαση  $|1\rangle \rightarrow |3\rangle$ , δημιουργούμε ένα έντονο χαρακτηριστικό διαφάνειας στο φάσμα απορρόφησης  $|1\rangle \rightarrow |2\rangle$ . Το αποτέλεσμα αυτό μας δείχνει ότι όλο το σύστημα οδηγείται σε φασικά κλειδωμένη κβαντική συμφωνία με χρήση

ενός μόνο πεδίου laser. Τα αποτελέσματα αναπαράγονται θεωρητικά χρησιμοποιώντας κατάλληλα τη μέθοδο του πίνακα πυκνότητας και προσαρμοσμένη γραμμική θεωρία απόκρισης.

- Εργασία [18]

Μελετάμε την επίδραση φαινομένων κβαντικής συμβολής επαγόμενα από αυθόρμητη εκπομπή σε ένα κλειστό σύστημα τριών επιπέδων τύπου V που διεγείρεται από ένα βραχύ παλμό laser επιλύοντας τις συζευγμένες εξισώσεις Maxwell-Bloch. Δείχνουμε τόσο αριθμητικά, όσο και αναλυτικά, ότι κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες το κατά τα άλλα οπτικώς πυκνό μέσο μπορεί να γίνει διαφανές. Δείχνουμε, επίσης, ότι το σύστημα μπορεί να εμφανίσει αργό φως μέσω ενδογενών, και όχι εξωτερικά επιβαλλόμενων, διεργασιών. Τέλος, μελετάμε την επίδραση διαδικασιών ασυμφωνίας στην διαφάνεια του συστήματος.

- Εργασία [20]

Μελετάμε τη χρονική εξέλιξη της απορρόφησης και διασποράς ενός συστήματος τριών επιπέδων τύπου Λ το οποίο βρίσκεται μέσα σε ένα φωτονικό υλικό με χάσμα. Για να το επιτύχουμε αυτό υπολογίζουμε τη χρονική εξέλιξη της γραμμικής επιδεκτικότητας του συστήματος, χρησιμοποιώντας ένα ισοτροπικό μοντέλο για την περιγραφή του φωτονικού κρυστάλλου. Δείχνουμε ότι υπό συγκεκριμένες συνθήκες που εξαρτώνται από την αλληλεπίδραση του συστήματος με το φωτονικό κρύσταλλο, η διάδοση ενός ασθενούς παλμού laser παρουσιάζει συμπεριφορά όμοια με ταλαντωτή με απόσβεση. Επίσης, προβλέπουμε ότι το σύστημα μπορεί να εμφανίσει δράση laser χωρίς αναστροφή πληθυσμού.

- Εργασία [21]

Παρουσιάζουμε μια θεωρητική μελέτη του φάσματος αυθόρμητης εκπομπής δύο διαφορετικών κβαντικών συστημάτων τα οποία έχουν κοντινές ενεργειακές καταστάσεις και μπορούν να περιγραφούν είτε ως συνεχές σύστημα είτε ως σύστημα διακριτών καταστάσεων, ανάλογα με τη χρονική περίοδο που μας ενδιαφέρει να μελετήσουμε. Το πρώτο σύστημα αποτελείται από  $N$  εκφυλισμένες διεγερμένες καταστάσεις που αποδιεγείρονται στην ίδια κατάσταση, και το δεύτερο από ένα ζεύγος από  $N$  εκφυλισμένες διεγερμένες καταστάσεις που αποδιεγείρονται στην ίδια κατάσταση. Δείχνουμε ότι το πρώτο σύστημα μπορεί να παγιδεύσει πληθυσμό και να οδηγήσει σε μείωση της αυθόρμητης

εκπομπής. Στο δεύτερο σύστημα παγίδευση πληθυσμού δεν συμβαίνει αλλά έχουμε την εμφάνιση σκοτεινών γραμμών στο φάσμα αυθόρμητης εκπομπής. Τα αποτελέσματα συγκρίνονται με αυτά που εμφανίζονται σε ένα σύστημα τριών επιπέδων τύπου V.

- Εργασία [23]

Στο άρθρο αυτό παρουσιάζουμε μια νέα μέθοδο που οδηγεί σε εντοπισμό του κυματοπακέτου στο σύστημα που μελετήσαμε στο άρθρο [15]. Συγκεκριμένα δείχνουμε ότι, αν το υπό μελέτη σύστημα αλληλεπιδράσει με μια σειρά από βραχείς παλμούς laser τότε το κυματοπακέτο εντοπίζεται σε ένα από τα δύο πηγάδια της βασικής κατάστασης. Το φαινόμενο αυτό είναι παρόμοιο με το φαινόμενο παρεμπόδισης της σύμφωνης εξέλιξης των πληθυσμών σε ένα σύστημα τριών επιπέδων τύπου V με χρήση συνεχών μετρήσεων.

- Εργασίες [25] και [50]

Στις εργασίες αυτές παρουσιάζουμε μια απλή μέθοδο για τον εντοπισμό ενός ατόμου μέσα σε ένα στάσιμο πεδίο. Χρησιμοποιούμε ένα σύστημα τριών επιπέδων τύπου Λ για την περιγραφή του ατόμου, το οποίο αλληλεπιδρά με δύο εξωτερικά πεδία, ένα πεδίο laser και ένα κλασικό στάσιμο πεδίο. Επιλύοντας τόσο αναλυτικά όσο και αριθμητικά την χρονικά εξαρτημένη εξίσωση του Schrödinger (ή τις αντίστοιχες εξισώσεις του πίνακα πυκνότητας) δείχνουμε ότι, κάτω από κατάλληλες συνθήκες, η μέτρηση του πληθυσμού της ανώτερης ενεργειακά κατάστασης μπορεί να οδηγήσει σε εντοπισμό του ατόμου σε κλίμακα μικρότερη του μήκους κύματος του στάσιμου πεδίου, κατά την κίνηση του ατόμου στο πεδίο. Η ανάλυση μας επίσης δείχνει ότι ο βαθμός του ατομικού εντοπισμού εξαρτάται από τις παραμέτρους της αλληλεπίδρασης ατόμου με τα δύο πεδία.

- Εργασία [26]

Μελετάμε την αυθόρμητη εκπομπή, την απορρόφηση και διασπορά ενός ασθενούς πεδίου laser σε ένα κβαντικό σύστημα τύπου Λ που βρίσκεται μέσα σε ένα φωτονικό υλικό με χάσμα. Χρησιμοποιούμε ένα μοντέλο με δύο ζώνες για την περιγραφή της πυκνότητας καταστάσεων του φωτονικού κρυστάλλου το οποίο οδηγεί σε μια πιο ρεαλιστική περιγραφή της δυναμικής του συστήματος. Δείχνουμε, ότι το φάσμα της αυθόρμητης εκπομπής εμφανίζει περισσότερες σκοτεινές γραμμές σε σχέση με αυτές που προβλέπονται σε προηγούμενες εργασίες στο σύστημα αυτό. Επιπροσθέτως, το σύστημα μπορεί να γίνει διαφανές σε δύο συχνότητες με ταυτόχρονη διάδοση του παλμού laser με πολύ χαμηλές



ταχύτητες. Αναλύονται η εξάρτηση των παραπάνω φαινομένων από το πλάτος του φωτονικού χάσματος και οι διαφορές από ένα σύστημα όπου η πυκνότητα καταστάσεων περιγράφεται με μία ζώνη.

- Εργασίες [27] και [30]

Αναλύουμε την αλληλεπίδραση ενός συστήματος τεσσάρων επιπέδων, γνωστού ως τρίποδο σύστημα, με τρία σύμφωνα πεδία laser. Το σύστημα αυτό μπορεί να περιγράψει ατομικά-μοριακά συστήματα, ημιαγώγιμα κβαντικά πηγάδια αλλά και συστήματα κρυστάλλων με προσμίξεις ιόντων. Υποθέτουμε αρχικά ότι το σύστημα βρίσκεται στη θεμελιώδη κατάσταση και μελετάμε την απορρόφηση και τη διασπορά ενός ασθενούς πεδίου laser που συνδέει την κατάσταση αυτή με την ανώτερη κατάσταση του συστήματος. Δείχνουμε ότι το σύστημα μπορεί να γίνει διαφανές σε δύο διαφορετικές συχνότητες του πεδίου laser. Επίσης δείχνουμε ότι η ταχύτητα ομάδας του παλμού laser, η οποία μπορεί να μειωθεί αρκετά και να έχουμε δημιουργία αργού φωτός, μπορεί να πάρει δύο διαφορετικές τιμές, οι οποίες μπορούν να ελεγχθούν εξωτερικά. Στη συνέχεια θεωρούμε ότι το σύστημα είναι προετοιμασμένο σε μια σύμφωνη υπέρθεση των τριών χαμηλών καταστάσεων και επιλύουμε τις συζευγμένες εξισώσεις Maxwell-Bloch, στην περίπτωση ασθενούς αλληλεπίδρασης ύλης με ακτινοβολία και για συνεχή πεδία laser. Δείχνουμε ότι μη γραμμική μίξη στο σύστημα αυτό μπορεί να οδηγήσει σε δύο νέα πεδία laser χρησιμοποιώντας ένα αρχικό πεδίο.

- Εργασία [28]

Μελετάται η δυναμική διάδοσης  $N$  παλμών laser σε ένα σύστημα με  $N+1$  κβαντικά επίπεδα, το οποίο έχει μια ανώτερη ασταθή κατάσταση και  $N$  χαμηλότερες καταστάσεις. Κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, παρουσιάζουμε ένα γενικευμένο νόμο απορρόφησης Beer και ορίζουμε το γενικευμένο μήκος Beer. Το τελευταίο χαρακτηρίζει την απορρόφηση των παλμών laser σε ένα σύμφωνα προετοιμασμένο σύστημα με  $N+1$  επίπεδα. Επίσης, παραθέτουμε μια γενική συνθήκη που ισχύει για αποστάσεις κατά πολύ μεγαλύτερες του μήκους Beer και συνδέει τα πλάτη της αρχικής υπέρθεσης του συστήματος και τις συχνότητες Rabi των πεδίων laser.

- Εργασία [29]

Μελετάμε τη δυναμική της διάδοσης παλμών laser όταν ένα, δύο ή και τρεις παλμοί laser αλληλεπιδρούν με ένα τρίποδο σύστημα τεσσάρων επιπέδων. Όταν το σύστημα είναι αρχικά

προετοιμασμένο σε μια σύμφωνη υπέρθεση δύο χαμηλών καταστάσεων, τότε δύο παλμοί laser δημιουργούν, μέσω παραμετρικής γένεσης, ένα νέο παλμό laser. Σε μικρές αποστάσεις, η δυναμική της διάδοσης του παλμού που δημιουργείται μπορεί να ελεγχθεί μεταβάλλοντας την συχνότητα Rabi ενός από τους παλμούς laser που διεγείρουν το σύστημα. Όταν το σύστημα είναι σύμφωνα προετοιμασμένο σε τρεις χαμηλές καταστάσεις τότε κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες μπορεί να γίνει πλήρως διαφανές ή πλήρως απορροφητικό σε τρεις παλμούς laser. Επίσης, αν το σύστημα αλληλεπιδράσει με ένα παλμό laser, θα έχουμε παραμετρική γένεση δύο νέων παλμών laser. Τέλος, βρίσκουμε μια γενική σχέση που συνδέει τα αρχικά πλάτη πιθανότητας και τις συχνότητες Rabi σε μεγάλες αποστάσεις, που μας δείχνει ότι τα αρχικά πλάτη πιθανότητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δημιουργήσουν παλμούς laser με δεδομένα χαρακτηριστικά.

- Εργασία [31]

Αναλύουμε την αλληλεπίδραση ενός κβαντικού συστήματος με  $N+1$  επίπεδα με  $N$  πεδία laser. Θεωρούμε ότι το σύστημα βρίσκεται αρχικά στη βασική κατάσταση και μελετάμε την απορρόφηση και διασπορά ενός ασθενούς πεδίου laser στο σύστημα. Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο του πίνακα πυκνότητας μπορούμε να υπολογίσουμε αναλυτικά τη γραμμική επιδεκτικότητα του συστήματος. Χρησιμοποιούμε το αποτέλεσμα αυτό για να δείξουμε ότι έχουμε δημιουργία διαφάνειας στο υλικό για  $N-1$  διαφορετικές συχνότητες του ασθενούς πεδίου laser. Αναλύουμε επίσης την ταχύτητα ομάδας του ασθενούς παλμού laser, η οποία μειώνεται αρκετά και έχουμε δημιουργία αργού φωτός, και δείχνουμε ότι μπορεί να λάβει  $N-1$  τιμές μέσα στο υλικό.

- Εργασία [32]

Μελετάμε τη δυναμική διάδοσης  $N$  βραχέων παλμών laser που αλληλεπιδρούν με ένα σύστημα με  $N+1$  επίπεδα. Τα πεδία laser συνδέουν  $N$  χαμηλότερες καταστάσεις με μία ανώτερη κατάσταση. Βρίσκουμε μια αναλυτική λύση για τις συζευγμένες εξισώσεις Maxwell-Bloch υποθέτοντας ένα μέσο με ισχυρή απόσβεση. Χρησιμοποιώντας την αναλυτική λύση δείχνουμε ότι το μέσο μπορεί να γίνει πλήρως διαφανές ή πλήρως απορροφητικό στα πεδία laser για συγκεκριμένους αρχικούς πληθυσμούς και αρχική συμφωνία. Επίσης, δείχνουμε ότι όταν το σύστημα αλληλεπιδράσει με  $m$  παλμούς laser θα δημιουργήσει μέσω παραμετρικής γένεσης  $N-m$  νέους παλμούς laser.

- Εργασίες [33] και [35]

Στο άρθρο αυτό μελετάμε μη-γραμμικές οπτικές διαδικασίες που εμφανίζονται όταν ένα κβαντικό σύστημα είναι προετοιμασμένο σε μια υπέρθεση καταστάσεων με χωρικά εξαρτημένους συντελεστές. Συγκεκριμένα, για ένα σύστημα τριών επιπέδων τύπου  $\Lambda$  δείχνουμε ότι με κατάλληλη προετοιμασία του συστήματος μπορούμε να έχουμε πλήρη μη γραμμική μεταφορά μεταξύ δύο πεδίων laser, άρα και μη γραμμική οπτική μίξη με πολύ υψηλή απόδοση. Η ανάλυση μας βασίζεται στην αναλυτική και αριθμητική επίλυση των συζευγμένων εξισώσεων Maxwell-Bloch (ή Maxwell-Schrödinger).

- Εργασίες [34] και [38]

Η δυνατότητα εντοπισμού δύο αλληλεπιδρώντων ηλεκτρονίων σε μια διπλή κβαντική τελεία μελετάται θεωρητικά. Το σύστημα αυτό είναι γνωστό στη βιβλιογραφία ως μοριακή κβαντική τελεία δύο ηλεκτρονίων. Όταν η μοριακή κβαντική τελεία αλληλεπιδράσει με ένα AC (ή AC/DC) πεδίο(α) υψηλής συχνότητας τότε υπάρχει η δυνατότητα εντοπισμού και των δύο ηλεκτρονίων κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες τις οποίες βρίσκουμε στο άρθρο αυτό. Η μελέτη μας βασίζεται στην επίλυση της χρονικά εξαρτημένης εξίσωσης Schrödinger και το υλικό που μελετάμε είναι το GaAs. Χρησιμοποιώντας κατάλληλες προσεγγίσεις βρίσκουμε μια αναλυτική λύση που περιγράφει ικανοποιητικά τη δυναμική της κβαντικής τελείας υπό την αλληλεπίδραση με το εξωτερικό πεδίο. Τέλος, αναγνωρίζουμε τη δυνατότητα για δημιουργία πεπλεγμένων καταστάσεων στο σύστημα αυτό, οι οποίες είναι χρήσιμες σε κβαντικούς υπολογιστές.

- Εργασία [36]

Μελετάμε τη δυναμική συμπεριφορά ενός ηλεκτρονίου σε σύστημα διπλής κβαντικής τελείας που βρίσκεται υπό την επίδραση εξωτερικού εναλλασσομένου πεδίου. Λαμβάνεται υπόψη ότι η κβαντική τελεία περιορισμένης δομής επιδεικνύει μία πεπερασμένη ενέργεια φόρτισης Coulomb, αντιστρόφως ανάλογη της μικρής της χωρητικότητάς της. Η δυναμική εξέλιξη του συστήματος βρίσκεται μέσω της αριθμητικής επίλυσης των μη-γραμμικών εξισώσεων που παράγονται από την χρονικά εξαρτημένη εξίσωση Schrödinger. Βρίσκουμε περιπτώσεις όπου το ηλεκτρόνιο παραμένει εντοπισμένο στην αρχική τελεία όταν και οι δύο επιδράσεις του AC πεδίου και της ενέργειας φόρτισης Coulomb εφαρμοστούν. Επίσης, δείχνουμε ότι έχουμε την δυνατότητα να προ-επιλέξουμε το σχήμα και το χρόνο ανάπτυξης

παλμικού AC πεδίου για να μεταφέρουμε το ηλεκτρόνιο από την αρχικώς τοποθετημένη τελεία στην άλλη και να το παγιδεύσουμε εκεί.

- Εργασία [37]

Στην εργασία αυτή αρχικά παρουσιάζουμε μια νέα μεθοδολογία για τη γενικευμένη περιστροφή ενός κβαντικού bit μιας υπεραγώγιμης κβαντικής συσκευής συμβολής (SQUID). Με τη διαδικασία αυτή επιτυγχάνουμε όλες τις κβαντικές πύλες ενός κβαντικού bit. Για την επίτευξη του στόχου αυτού χρησιμοποιούμε δύο πεδία μικροκυμάτων τα οποία συνδέουν τις καταστάσεις του κβαντικού bit με μία άλλη, διεγερμένη, κατάσταση του συστήματος. Επίσης, δείχνουμε ότι αν τοποθετήσουμε δύο SQUIDs σε μια κοιλότητα μικροκυμάτων και χρησιμοποιήσουμε κατάλληλα πεδία μικροκυμάτων μπορούμε με αδιαβατικές μεθόδους να επιτύχουμε τόσο κβαντική μεταφορά πληροφορίας όσο και δημιουργία πεπλεγμένων καταστάσεων δύο SQUIDs.

- Εργασία [39]

Στο άρθρο αυτό μελετάμε τη δυνατότητα ελεγχόμενης δυναμικής ενός ηλεκτρονίου σε μια διπλή κβαντική τελεία. Για τον έλεγχο της δυναμικής χρησιμοποιούμε ένα εξωτερικό ηλεκτρομαγνητικό πεδίο που αλληλεπιδρά κατάλληλα με την υπό μελέτη νανοδομή. Χρησιμοποιώντας τις σκοτεινές και φωτεινές καταστάσεις του συστήματος καταφέρνουμε να παράγουμε αναλυτικές λύσεις της χρονικά εξαρτημένης εξίσωσης Schrödinger για διάφορες περιπτώσεις παραμέτρων του συστήματος. Τα αποτελέσματα των αναλυτικών λύσεων συγκρίνονται με αποτελέσματα από την αριθμητική επίλυση της χρονικά εξαρτημένης εξίσωσης Schrödinger.

- Εργασία [40]

Στην εργασία αυτή παρουσιάζουμε μια θεωρητική μελέτη του σύμφωνου ελέγχου της μοριακής χειρομορφίας με χρήση ενός γραμμικά πολωμένου παλμού laser. Για την επίτευξη του στόχου αυτού χρησιμοποιούμε μια κβαντική δομή τύπου Λ. Για τη δομή αυτή παρουσιάζουμε μια σειρά από αναλυτικές λύσεις της χρονικά εξαρτημένης εξίσωσης Schrödinger. Έμφαση δίνεται στις συνθήκες που οδηγούν σε πλήρη διαχωρισμό

εναντιομερών. Τέλος, συγκεκριμένα αριθμητικά αποτελέσματα παρουσιάζονται για το χειρόμορφο μόριο  $H_2S_2$ .

- Εργασία [41]

Στην εργασία αυτή παρουσιάζουμε μια σύντομη περιγραφή των πρόσφατων αποτελεσμάτων μας στο τομέα του αδιαβατικού ελέγχου κβαντικών διεργασιών. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούμε έχουν μεγάλη πιστότητα και έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο για την επίλυση συμβατικών προβλημάτων κβαντικού ελέγχου σε μια σειρά από δομές, όσο και σε προβλήματα κβαντικών υπολογιστών.

- Εργασία [42]

Στο άρθρο αυτό εφαρμόζουμε τη μεθοδολογία της εξαναγκασμένης αδιαβατικής μεταφοράς Raman για την ελεγχόμενη δυναμική ενός κβαντικού bit ενός SQUID. Για την επίτευξη του στόχου αυτού χρησιμοποιούμε δύο παλμικά πεδία μικροκυμάτων που αλληλεπιδρούν με κάποια χρονική μετατόπιση με το SQUID. Οι αριθμητικοί μας υπολογισμοί δείχνουν ότι η μέθοδος αυτή έχει τη δυνατότητα εκτεταμένου ελέγχου της δυναμικής του SQUID για μια μεγάλη περιοχή παραμέτρων του συστήματος.

- Εργασία [43]

Στο πρώτο μέρος αυτού του εισαγωγικού άρθρου επισκόπησης παραθέτουμε τις βασικές έννοιες των φωτονικών υλικών με χάσμα, και παρουσιάζουμε τις βασικές τεχνικές για τη δημιουργία τους αλλά και τις διάφορες εφαρμογές που μπορεί να έχουν. Στη συνέχεια μελετάμε την αυθόρμητη εκπομπή ενός διεγερμένου ατόμου στο κενό με χρήση της θεωρίας Weisskopf-Wigner, αλλά και σε ένα φωτονικό κρύσταλλο που χαρακτηρίζεται από ιστροπική σχέση διασποράς και δείχνουμε ότι σε αυτή την περίπτωση η αυθόρμητη εκπομπή μπορεί να μεταβληθεί σημαντικά.

- Εργασίες [44] και [53]

Στις εργασίες αυτές παρουσιάζουμε μια σειρά από μεθόδους (συντονιστικές, σύμφωνης περιστροφής, αδιαβατικές, και τύπου Raman μακρά του συντονισμού) για την

πραγματοποίηση δύο τύπων εξιτονικών πεπλεγμένων καταστάσεων τύπου Bell σε ένα σύστημα δύο συζευγμένων κβαντικών τελείων που αλληλεπιδρούν με ένα εξωτερικό πεδίο laser. Τα αναλυτικά αποτελέσματα μας συγκρίνονται με αποτελέσματα από αριθμητική λύση της χρονικά εξαρτημένης εξίσωσης Schrödinger.

- Εργασία [45]

Στο άρθρο αυτό μελετάμε την επίδραση μαγνητικών πεδίων στη δημιουργία πεπλεγμένων καταστάσεων θεμελιώδους στάθμης ή θερμικών πεπλεγμένων καταστάσεων ενός συστήματος δύο μαγνητικών κβαντικών bit που συνδέονται μέσω αλληλεπίδρασης Ising. Βρίσκουμε ότι ο βαθμός της δημιουργίας πεπλεγμένων καταστάσεων (που υπολογίζεται μέσω του concurrence) εξαρτάται σημαντικά από τα χαρακτηριστικά των μαγνητικών πεδίων.

- Εργασία [46]

Στην εργασία αυτή δείχνουμε ότι μια μοριακή κβαντική τελεία δύο ηλεκτρονίων μπορεί να εκπέμψει ακτινοβολία με φάσμα που παρουσιάζει χαρακτηριστικά γέννησης υψηλών αρμονικών όταν αλληλεπιδρά με ένα ισχυρό εξωτερικό πεδίο υψηλής συχνότητας. Το φάσμα υπολογίζεται για μια μοριακή κβαντική τελεία GaAs. Τα αριθμητικά αποτελέσματα εξηγούνται αρκετά καλά μέσω αναλυτικής μεθοδολογίας που αναπτύσσεται στο άρθρο αυτό. Τέλος, βρίσκουμε μια σχέση για τη συχνότητα αποκοπής του φάσματος των αρμονικών και δείχνουμε ότι η συχνότητα αποκοπής εξαρτάται από την ένταση και τη συχνότητα του επιβαλλόμενου εξωτερικού πεδίου.

- Εργασία [47]

Στην εργασία αυτή μελετάμε τη δυναμική ενός εξιτονίου περιορισμένου σε μια συμμετρική διπλή κβαντική τελεία και αλληλεπιδρά με ένα εξωτερικό AC/DC πεδίο. Η θεωρητική ανάλυση βασίζεται σε δύο μεθόδους, μια διαταρακτική μέθοδο και μια μέθοδο ενεργού συστήματος δύο επιπέδων. Παρουσιάζουμε συγκεκριμένα αποτελέσματα για τη δυνατότητα εντοπισμού του εξιτονίου σε μία από τις κβαντικές τελείες. Τα αναλυτικά αποτελέσματα συγκρίνονται με αριθμητικά αποτελέσματα επίλυσης της χρονικά εξαρτημένης εξίσωσης Schrödinger για ρεαλιστικές δομές διαφόρων τύπων ημιαγωγών.

- Εργασία [48]

Στην εργασία αυτή μελετάμε τις διαδικασίες απόσβεσης φάσης λόγω της ύπαρξης ενός σημειακού κβαντικού ανιχνευτή στο φαινόμενο του εντοπισμού ηλεκτρονίου σε μια διπλή κβαντική τελεία, μέσω αριθμητικής επίλυσης των εξισώσεων του πίνακα πυκνότητας. Μελετάμε δύο διαφορετικές περιπτώσεις εντοπισμού ηλεκτρονίου: (i) όταν ένα κατάλληλο AC πεδίο αλληλεπιδρά με την κβαντική τελεία και (ii) όταν τα φαινόμενα φόρτισης Coulomb λαμβάνονται υπόψη στην δυναμική. Τα αποτελέσματα μας δείχνουν ότι η πρώτη περίπτωση είναι λιγότερο επιρρεπής στις διαδικασίες απόσβεσης.

- Εργασία [49]

Στην εργασία αυτή μελετάμε την αλληλεπίδραση ενός κβαντικού bit ενός SQUID δύο επιπέδων με ένα κλασικό πεδίο μικροκυμάτων. Το SQUID περιγράφεται από ένα ασύμμετρο δυναμικό διπλού πηγαδιού, το οποίο οδηγεί σε διαγώνια στοιχεία μήτρας. Η ύπαρξη αυτών των στοιχείων μήτρας επηρεάζουν σημαντικά τη δυναμική του συστήματος. Παρουσιάζουμε προσεγγιστικά αναλυτικά αποτελέσματα για τη χρονική εξέλιξη των πλατών πιθανότητας του συστήματος, που βρίσκονται σε συμφωνία με αριθμητικά αποτελέσματα επίλυσης της χρονικά εξαρτημένης εξίσωσης Schrödinger.

- Εργασία [51]

Στο άρθρο αυτό μελετάμε το φαινόμενο της εναλλαγής της ισχύος φωτός σε ένα σύστημα τριπλού μη γραμμικού κατευθυντικού κυματοδηγού, ο οποίος αποτελείται από υλικά στα οποία ο δείκτης διάθλασης παρουσιάζει εξάρτηση από την ένταση του φωτός εξαιτίας του οπτικού φαινομένου Kerr. Θεωρούμε μια δομή με τρεις παράλληλους συμμετρικούς μη γραμμικούς κυματοδηγούς σε γραμμική διάταξη, όπου οι σταθερές διάδοσης των δύο εξωτερικών κυματοδηγών είναι όμοιες μεταξύ τους αλλά διαφέρουν σε σχέση με τη σταθερά διάδοσης του μεσαίου κυματοδηγού. Ακόμα, θεωρούμε ότι οι συντελεστές σύζευξης μεταξύ των τριών κυματοδηγών είναι όμοιοι μεταξύ τους. Αναλύουμε τόσο αναλυτικά όσο και αριθμητικά την περίπτωση που η απόλυτη τιμή της διαφοράς των σταθερών διάδοσης των δύο εξωτερικών κυματοδηγών σε σχέση με του μεσαίου είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από το συντελεστή σύζευξης μεταξύ των κυματοδηγών.

- Εργασία [52]

Στην εργασία αυτή προτείνουμε μια δομή τριών συζευγμένων κυματοδηγών σε γραμμική διάταξη που βασίζεται στην αδιαβατική εξέλιξη ενός κανονικού τρόπου διάδοσης του συστήματος και αναλύουμε τις διαδικασίες εναλλαγής φωτός με χρήση της θεωρίας των συζευγμένων τρόπων διάδοσης. Στο σύστημα μας οι συντελεστές σύζευξης εξαρτώνται από τη απόσταση ενώ οι συντελεστές διάδοσης είναι σταθεροί. Αναλύουμε την περίπτωση που οι συντελεστές διάδοσης των δύο εξωτερικών κυματοδηγών είναι ίσοι μεταξύ τους και οι συντελεστές σύζευξης είναι σχεδιασμένοι να δρουν κατάλληλα έτσι ώστε να επιτυγχάνονται οι διάφορες διαδικασίες εναλλαγής φωτός.

- Εργασία [54]

Στην εργασία αυτή μελετάμε θεωρητικά την επίδραση του τοπικού πεδίου λόγω της αλληλεπίδρασης διπόλου-διπόλου ηλεκτρονίων-οπών στην μεταφορά του εξιτονικού πληθυσμού σε μια κβαντική τελεία που αλληλεπιδρά με κατάλληλα συνεχή ή παλμικά ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Χρησιμοποιούμε μια μικροσκοπική προσέγγιση στην ανάλυση της δυναμικής του συστήματος. Δίνουμε ιδιαίτερη έμφαση στην επίδραση του τοπικού πεδίου στις εξιτονικές ταλαντώσεις Rabi, αλλά και στις συνθήκες που οδηγούν σε αναστροφή πληθυσμού στο σύστημα μας.

- Εργασία [55]

Στο άρθρο αυτό μελετάμε αναλυτικά και αριθμητικά δύο τύπους διπλών μη-γραμμικών συζευγμένων ηλεκτρονικών κυματοδηγών. Ο πρώτος τύπος αποτελείται από σταθερούς συντελεστές σύζευξης και ο δεύτερος από συντελεστές σύζευξης που εξαρτώνται από την απόσταση. Για τον πρώτο τύπο κυματοδηγού παρουσιάζουμε αναλυτικά αποτελέσματα και καθορίζουμε το κρίσιμο μήκος της διάταξης. Επίσης, τα χαρακτηριστικά εναλλαγής ηλεκτρονίων της διάταξης παρουσιάζονται. Για τον δεύτερο τύπο διάταξης παρουσιάζουμε μια συνθήκη για πλήρη μεταφορά ηλεκτρονίων μεταξύ των δύο κυματοδηγών. Η διάταξη αυτή παρουσιάζει καλύτερα χαρακτηριστικά εναλλαγής ηλεκτρονίων από την πρώτη διάταξη.

- Εργασία [56]

Στην εργασία αυτή μελετάμε θεωρητικά την διάδοση ενός βραχέως παλμού φωτός σε ένα κβαντικό μέσο που αποτελείται από ένα σύστημα τεσσάρων επιπέδων με μία θεμελιώδη κατάσταση και τρεις διεγερμένες καταστάσεις. Οι διεγερμένες καταστάσεις αποδιεγείρονται



εκτός του συστήματος στην ίδια κατάσταση. Το σύστημα αλληλεπιδρά με ένα παλμικό πεδίο laser. Η δυναμική του συστήματος μελετάται μέσω επίλυσης των συζευγμένων εξισώσεων Maxwell-Schrödinger. Αρχικά δείχνουμε ότι το σύστημα αυτό, υπό κατάλληλες συνθήκες, μπορεί να οδηγήσει σε δύο σκοτεινές καταστάσεις. Οι σκοτεινές καταστάσεις αυτές οδηγούν σε διπλή οπτική διαφάνεια για βραχείς παλμούς laser. Επίσης, δείχνουμε ότι υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας αργού φωτός σε δύο διαφορετικές συχνότητες. Παρουσιάζουμε αναλυτικά αποτελέσματα τα οποία συμφωνούν με τα αριθμητικά αποτελέσματα επίλυσης των συζευγμένων εξισώσεων Maxwell-Schrödinger.

- Εργασία [57]

Στην εργασία αυτή μελετάμε την αλληλεπίδραση δύο καταστάσεων υποζώνης ενός ημιαγωγικού κβαντικού πηγαδιού με ένα παλμικό ηλεκτρομαγνητικό πεδίο λαμβάνοντας υπόψη τις αλληλεπιδράσεις ηλεκτρονίου-ηλεκτρονίου. Για τη μελέτη της δυναμικής του συστήματος χρησιμοποιούμε τις γενικευμένες μη-γραμμικές εξισώσεις Bloch. Παρουσιάζουμε αναλυτικές λύσεις για τις εξισώσεις Bloch υπό την προσέγγιση περιστρεφόμενου κύματος. Επίσης παρουσιάζουμε συνθήκες που οδηγούν σε αναστροφή πληθυσμού για ένα μεγάλο εύρος παραμέτρων του συστήματος. Τα αναλυτικά αποτελέσματα μας συγκρίνονται με αριθμητικές λύσεις των εξισώσεων Bloch για ένα διπλό ημιαγωγικό κβαντικό πηγάδι βασισμένο στο GaAs.

- Εργασία [58]

Στην εργασία αυτή μελετάμε την αλληλεπίδραση τεσσάρων καταστάσεων υποζώνης ενός τριπλού ημιαγωγικού κβαντικού πηγαδιού με ένα παλμικό ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Το σύστημα αποτελείται από μια βασική κατάσταση και τρεις ενεργειακά υψηλότερες καταστάσεις που αποδιεγείρονται στο ίδιο ηλεκτρονικό συνεχές. Παρουσιάζουμε αναλυτικές και αριθμητικές λύσεις της χρονικά εξαρτημένης εξίσωσης Schrödinger. Δείχνουμε ότι κάτω από κατάλληλες συνθήκες παραμέτρων το σύστημα μπορεί να οδηγήσει σε σύμφωνη παγίδευση του ηλεκτρονικού πληθυσμού. Επίσης, βρίσκουμε ότι ο βαθμός της σύμφωνης παγίδευσης ηλεκτρονικού πληθυσμού εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του επιβαλλόμενου ηλεκτρομαγνητικού πεδίου.

- Εργασία [59]

Στην παρούσα εργασία μελετούμε την επίδραση των φαινομένων τοπικού πεδίου λόγω της αλληλεπίδρασης ηλεκτρονίων-οπών στην δυναμική πληθυσμού εξιτονίων σε μια ημιαγώγιμη κβαντική τελεία που αλληλεπιδρά με συνεχή και παλμικά ηλεκτρομαγνητικά πεδία τα οποία μπορεί να εμφανίζουν και χρονικά εξαρτημένη συχνότητα. Η ανάλυση της δυναμικής του συστήματος γίνεται με τη λύση των μη-γραμμικών οπτικών εξισώσεων Bloch, οι οποίες γράφονται στην προσέγγιση περιστρεφόμενου κύματος. Παρουσιάζουμε τόσο αναλυτικές όσο και αριθμητικές λύσεις των οπτικών εξισώσεων Bloch. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στις συνθήκες που οδηγούν σε αναστροφή εξιτονικού πληθυσμού στο σύστημα.

- Εργασίες [60] και [66]

Στις παραπάνω εργασίες δείχνουμε ότι οι οπτικές και ηλεκτρονικές ιδιότητες δύο δομών ασύμμετρων ημιαγώγιμων κβαντικών πηγαδιών, που οδηγούν σε ένα σύστημα τριών επιπέδων τύπου σκάλας με όλες τις ενεργειακές μεταβάσεις επιτρεπτές, μπορούν να ελεγχθούν μέσω μεθόδου ελέγχου φάσης με την εφαρμογή ενός πεδίου Laser CO<sub>2</sub> και της δεύτερης αρμονικής του. Συγκεκριμένα δείχνουμε ότι ο ηλεκτρονικός πληθυσμός στις διάφορες υποζώνες και η γραμμική απορρόφηση και διασπορά ενός ασθενούς πεδίου Laser μπορούν να ελεγχθούν μέσω μεθόδων ελέγχου φάσης. Ως παράδειγμα αναφέρουμε ότι με απλές αλλαγές της διαφοράς φάσης των εφαρμοζόμενων πεδίων Laser μπορούμε να πετύχουμε αναστροφή πληθυσμού, κέρδος από απορρόφηση και διαφορετική ταχύτητα ομάδος διάδοσης του φωτός.

- Εργασία [61]

Στην παρούσα εργασία μελετούμε θεωρητικά και υπολογιστικά την αλληλεπίδραση ενός συνεχούς ηλεκτρομαγνητικού πεδίου με ένα ημιαγώγιμο πηγάδι δυναμικού χρησιμοποιώντας τις γενικευμένες μη-γραμμικές εξισώσεις Bloch. Στη μελέτη μας χρησιμοποιούμε μόνο τις δύο χαμηλότερες υποζώνες. Εφαρμόζοντας την προσέγγιση περιστρεφόμενου κύματος δίνουμε αναλυτικές λύσεις για τις εξισώσεις Bloch για δύο διαφορετικές περιπτώσεις της παραμέτρου αποσυντονισμού. Στην περίπτωση ακριβούς συντονισμού δείχνουμε ότι υπάρχει μια κρίσιμη τιμή της συχνότητας Rabi γύρω από την οποία η δυναμική απόκριση του συστήματος είναι τελείως διαφορετική. Επίσης παρουσιάζουμε αριθμητικά αποτελέσματα για ένα διπλό πηγάδι GaAs/AlGaAs τα οποία συγκρίνονται με τα αναλυτικά αποτελέσματα. Τέλος, μελετάται η επίδραση των φαινομένων απόσβεσης στην δυναμική του συστήματος.

- Εργασίες [62] και [65]

Στις παρούσες εργασίες μελετούμε την επίδραση των εξιτονίων στο φαινόμενο της μη-γραμμικής οπτικής ανόρθωσης σε δομές οιονοί-μονοδιάστατων κβαντικών τελειών με ημι-παραβολικό δυναμικό περιορισμού. Εδώ παρουσιάζουμε αριθμητικά αποτελέσματα για την μορφή του συντελεστή μη-γραμμικής οπτικής ανόρθωσης και της μέγιστης τιμής του για δύο περιπτώσεις περιορισμού. Μελετούμε τις περιπτώσεις που το ηλεκτρόνιο και η οπή που αποτελούν το εξιτόνιο είναι περιορισμένα σε ένα μονοδιάστατο δυναμικό ημι-παραβολικής μορφής με (i) την ίδια συχνότητα ταλαντωτή και (ii) το ίδιο πλάτος. Στην περίπτωση (i) τα αποτελέσματα βρίσκονται τόσο με προσεγγιστική αναλυτική λύση κατάλληλης εξίσωσης Schrödinger, όσο και με ακριβή αριθμητική λύση της ίδιας εξίσωσης με χρήση της μεθόδου μορφοποίησης δυναμικού. Στην περίπτωση (ii) τα αποτελέσματα βρίσκονται με λύση της εξίσωσης Schrödinger μέσω της μεθοδολογίας Hartree-Fock και εφαρμογή της μεθόδου μορφοποίησης δυναμικού.

- Εργασία [63]

Στην παρούσα εργασία μελετούμε θεωρητικά την δυνατότητα για βέλτιστο έλεγχο μίας συμμετρικής δομής διπλών κβαντικών τελειών που αλληλεπιδρά με ένα παλμικό ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Αρχικά εφαρμόζουμε την προσέγγιση περιστρεφόμενου κύματος και την συντονιστική προσέγγιση και απλοποιούμε την δυναμική του συστήματος σε αυτή ενός εκφυλισμένου συστήματος τύπου Λ. Στη συνέχεια περιγράφουμε το πρόβλημα του βέλτιστου ελέγχου με βάση διαφορικές εξισώσεις που ικανοποιεί το εφαρμοζόμενο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Τέλος, παρουσιάζουμε γενικές αναλυτικές λύσεις στις διαφορικές εξισώσεις για το πρόβλημα της μεγιστοποίησης μεταφοράς πληθυσμού από την μία κβαντική τελεία στην άλλη αλλά και της μεγιστοποίησης της χρονικής μέσης τιμής του πληθυσμού. Το πρώτο μπορεί να είναι χρήσιμο στη δημιουργία κβαντικών πυλών στο σύστημα των δύο κβαντικών τελειών και το δεύτερο μπορεί να εφαρμοστεί στο πρόβλημα ελεγχόμενης μεταφοράς ρεύματος στην υπό μελέτη νανοδομή.

- Εργασία [64]

Στην παρούσα εργασία μελετούμε τη δυναμική δύο αλληλεπιδρώντων ηλεκτρονίων τα οποία είναι περιορισμένα σε μια συμμετρική διπλή ημιαγώγιμη κβαντική τελεία και αλληλεπιδρούν με εξωτερικό διχρωματικό ηλεκτρικό πεδίο που περιέχει και DC όρο. Επιλύουμε προσεγγιστικά τις διαφορικές εξισώσεις που προκύπτουν από την χρονικά εξαρτημένη

εξίσωση Schrödinger στην γενικευμένη θεώρηση δύο επιπέδων για ένα ρεαλιστικό σύστημα κβαντικής τελείας βασισμένο στο GaAs και παρουσιάζουμε αναλυτικά συνθήκες που οδηγούν στον εντοπισμό δύο ηλεκτρονίων στην ίδια κβαντική τελεία και σε πεπλεγμένες καταστάσεις δύο ηλεκτρονίων. Τα αναλυτικά αποτελέσματα συγκρίνονται με αριθμητικά αποτελέσματα που προκύπτουν από την επίλυση της χρονικά εξαρτημένης εξίσωσης Schrödinger.

- Εργασία [67]

Στην εργασία αυτή μελετούμε το φάσμα της γραμμικής απορρόφησης και διασποράς όπως και το φάσμα αυθόρμητης εκπομπής από οπτικούς κυματοδηγούς συζευγμένων κοιλοτήτων εμπλουτισμένων με συστήματα τριών επιπέδων τύπου Λ. Τα συστήματα τύπου Λ περιγράφουν άτομα ή μόρια ή κβαντικές τελείες. Μέσω επίλυσης της χρονικά εξαρτημένης εξίσωσης Schrödinger και με χρήση της πυκνότητας καταστάσεων φωτονίων ενός οπτικού κυματοδηγού συζευγμένων κοιλοτήτων υπολογίζουμε το φάσμα γραμμικής απορρόφησης και διασποράς όπως και το φάσμα αυθόρμητης εκπομπής οπτικών κυματοδηγών που είναι εμπλουτισμένα με συστήματα τριών επιπέδων τύπου Λ. Η μελέτη των φασμάτων καταδεικνύει ότι τόσο τα φάσματα απορρόφησης και διασποράς όσο και το φάσμα αυθόρμητης εκπομπής μηδενίζονται στις ίδιες συχνότητες. Δηλαδή το σύστημα μπορεί να παρουσιάσει οπτική διαφάνεια και σκοτεινές γραμμές στις ίδιες συχνότητες. Επίσης η μορφή των φασμάτων μπορεί να είναι συμμετρική ή αντι-συμμετρική ανάλογα με τις τιμές των παραμέτρων αλληλεπίδρασης των συστημάτων με τον οπτικό κυματοδηγό.

- Εργασία [68]

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζουμε μια διασταυρωμένη μοριακή γέφυρα που αποτελείται από παράγωγα της πορφυρίνης (thiol-functionalized porphyrin derivative). Η μοριακή γέφυρα που παρουσιάζουμε μπορεί να οδηγήσει σε μεταφορά ηλεκτρονίων σε δύο κάθετες διευθύνσεις, κάθε μία από τις διευθύνσεις σχετίζεται με μία από τις δύο διαμορφώσεις ισορροπίας του μορίου. Αρχικά, με χρήση της θεωρίας συναρτησιακού πυκνότητας μελετούμε την ηλεκτρονική δομή του μορίου και την απόδοση της μοριακής γέφυρας. Επίσης δείχνουμε πως μπορούμε να ελέγξουμε την διεύθυνση αγωγής του ηλεκτρικού ρεύματος με οπτικές μεθόδους. Για να το πετύχουμε αυτό το σύστημα αλληλεπιδρά κατάλληλα με πεδία Laser και χρησιμοποιούμε μια μετασταθή διαμόρφωση του μορίου ως το ενδιάμεσο στάδιο μεταξύ των δύο διαμορφώσεων ισορροπίας. Η μέθοδος εναλλαγής

βασίζεται σε συντονιστική αλληλεπίδραση μορίου και φωτός και μελετάται με την επίλυση της χρονικά εξαρτημένης εξίσωσης Schrödinger.

- Εργασία [69]

Στην παρούσα εργασία μελετούμε αρχικά την ηλεκτρονική δομή μιας σφαιρικής κβαντικής τελείας με παραβολικό δυναμικό περιορισμού που εμπεριέχει μια ατέλεια υδρογονοειδούς τύπου και αλληλεπιδρά με ένα ηλεκτρικό πεδίο DC. Στους υπολογισμούς μας μεταβάλλουμε τη θέση της ατέλειας και την τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου και μελετάμε την επίδραση τους στην ηλεκτρονική δομή του συστήματος. Παρουσιάζουμε αποτελέσματα για κβαντικές τελείες CdS. Στη συνέχεια χρησιμοποιούμε την ηλεκτρονική δομή που υπολογίσαμε για τη μελέτη του φαινομένου της μη-γραμμικής οπτικής ανόρθωσης στις ίδιες κβαντικές τελείες. Δείχνουμε ότι η μη-γραμμική οπτική ανόρθωση εξαρτάται σημαντικά από τη θέση της ατέλειας αλλά και από την τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου.

- Εργασία [70]

Στην παρούσα εργασία συνεχίζουμε τη μελέτη μας στην επίδραση των φαινομένων τοπικού πεδίου λόγω της αλληλεπίδρασης ηλεκτρονίων-οπών στην δυναμική πληθυσμού εξιτονίων σε μια ημιαγώγιμη κβαντική τελεία που αλληλεπιδρά με ένα συνεχές ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Η ανάλυση της δυναμικής του συστήματος γίνεται με την επίλυση των μη-γραμμικών οπτικών εξισώσεων Bloch για τις οποίες παρουσιάζουμε αναλυτικές λύσεις για οποιαδήποτε αρχική συνθήκη του συστήματος. Η δυναμική του εξιτονικού πληθυσμού εμφανίζει φαινόμενα όπως εκτεταμένες ταλαντώσεις Rabi, αυτο-παγίδευση στην ίδια αρχική κατάσταση και φαινόμενα σπασίματος συμμετρίας. Τα παραπάνω φαινόμενα εξαρτώνται σημαντικά από τις παραμέτρους του εφαρμοζόμενου ηλεκτρομαγνητικού πεδίου και από την αρχική συνθήκη του συστήματος κβαντικής τελείας.

- Εργασία [71]

Στην παρούσα εργασία συνεχίζουμε τη μελέτη μας για ελεγχόμενη μεταφορά πληθυσμού με ένα σύστημα δύο υποζωνών και παρουσιάζουμε συνθήκες για υψηλής απόδοσης μεταφορά πληθυσμού σε ένα ρεαλιστικό σύστημα ημιαγώγιμων κβαντικών πηγαδιών GaAs/AlGaAs. Για τη μελέτη της αλληλεπίδρασης του ημιαγώγιμου πηγαδιού με το εξωτερικά επιβαλλόμενο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο χρησιμοποιούμε τις μη-γραμμικές εξισώσεις του πίνακα πυκνότητας. Στη μελέτη μας χρησιμοποιούμε μόνο τις δύο χαμηλότερες υποζώνες και παρουσιάζουμε

αποτελέσματα τόσο για παλμούς τύπου Gauss όσο και για παλμούς τύπου sech. Τέλος, παρουσιάζουμε την επίδραση της επιφανειακής πυκνότητας των ηλεκτρονίων στην απόδοση μεταφοράς πληθυσμού.

- Εργασία [72]

Στην παρούσα εργασία μελετούμε τη μεταβατική (χρονικά εξαρτημένη) απορρόφηση ή εκπομπή φωτός, με έμφαση στη δημιουργία μεταβατικού οπτικού κέρδους χωρίς αναστροφή πληθυσμού, σε ένα σύστημα μιας ασύμμετρης διπλής κβαντικής τελείας που αλληλεπιδρά με ένα ασθενές ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Το κβαντικό σύστημα αυτό έχει πρόσφατα μελετηθεί για φαινόμενα σύμφωνης παγίδευσης πληθυσμού [J. M. Villas-Boas, A. O. Govorov and S. E. Ulloa, Phys. Rev. B **69**, 125342 (2004)] και ενδογενούς οπτικής διαφάνειας [C.-H. Yuan and K.-D. Zhu, Appl. Phys. Lett. **89**, 052115 (2006)]. Για τη θεωρητική μελέτη των παραπάνω φαινομένων χρησιμοποιούμε τις κατάλληλες εξισώσεις του πίνακα πυκνότητας οι οποίες επιλύονται αριθμητικά για διάφορες τιμές των παραμέτρων του συστήματος.

- Εργασία [73]

Στην παρούσα εργασία συνεχίζουμε τη μελέτη μας πάνω στις ιδιότητες μια διασταυρωμένης μοριακής γέφυρας που αποτελείται από παράγωγα της πορφυρίνης με δύο σχεδόν εκφυλισμένες διαμορφώσεις ισορροπίας του μορίου. Αρχικά δείχνουμε ότι και οι δύο διαμορφώσεις μπορούν να οδηγήσουν σε υψηλής απόδοσης μεταφορά ηλεκτρικού φορτίου και έτσι μπορούμε να έχουμε δύο χωρικά ορθογώνια αγώγιμα μονοπάτια στη μοριακή γέφυρα. Στη συνέχεια δείχνουμε με αριθμητικούς υπολογισμούς πως η αλληλεπίδραση της μοριακής δομής με πεδία laser μπορεί να οδηγήσει στον έλεγχο αγωγής του ηλεκτρικού ρεύματος στη μοριακή γέφυρα. Στους υπολογισμούς μας τόσο οι δυναμικές ενεργειακές επιφάνειες όσο και τα ηλεκτρικά δίπολα έχουν προκύψει από υπολογισμούς από πρώτες αρχές. Ο έλεγχος με τα πεδία laser γίνεται σε δύο βήματα που εφαρμόζονται παράλληλα, όπου σε κάθε βήμα εφαρμόζεται μια διαδικασία δύο φωτονίων σε συντονισμό. Τέλος, με αριθμητικούς υπολογισμούς σκέδασης φωτός από τα μεταλλικά ηλεκτρόδια δείχνουμε την επίδραση των μεταλλικών ηλεκτροδίων στα πεδία laser που χρησιμοποιούνται για τον σύμφωνο έλεγχο της μοριακής γέφυρας. Η μελέτη μας δείχνει ότι το σύστημα που μελετάμε έχει όλες τις δυνατότητες για τη δημιουργία μιας οπτικά ελεγχόμενης μοριακής γέφυρας στη νανο-κλίμακα.

- Εργασία [74]

Η χρήση των μεθοδολογιών του κβαντικού ελέγχου στη δημιουργία και ανάπτυξη μοριακών διατάξεων είναι μια από τις πιο υποσχόμενες εφαρμογές στις σύγχρονες θετικές επιστήμες. Η δυνατότητα ενεργού ελέγχου σε τέτοιες διατάξεις ανοίγει νέους δρόμους, πέρα από την απλή σύνθεση χημικών ενώσεων με χρήσιμες ιδιότητες. Επιπλέον, λόγω της σημαντικής προόδου στην τεχνολογία laser οι μέθοδοι κβαντικού ελέγχου παρέχουν μια από τις πιο χρήσιμες και ευρείας χρήσης μεθόδους για τον έλεγχο διατάξεων σε μοριακή κλίμακα, μια και παράμετροι όπως συχνότητα, φάση, ένταση, πόλωση, και διάρκεια ενός παλμού laser μπορούν να αλλάξουν με ακρίβεια σε μεγάλη κλίμακα. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζουμε μια επισκόπηση μιας σειράς από σύγχρονων προτάσεων και εφαρμογών της μεθοδολογίας κβαντικού ελέγχου σε μοριακές διατάξεις. Από τις μοριακές διατάξεις επιλέγουμε αυτές που είναι ανάλογες με μακροσκοπικούς διακόπτες, δηλαδή αυτές που διαθέτουν δύο ή και περισσότερες καταστάσεις λειτουργίας, καταστάσεις, οι οποίες στα συστήματα μας αντιστοιχούν σε διαφορετικές ευσταθείς μοριακές διαμορφώσεις. Τα παραδείγματα που παρουσιάζουμε είναι από διαφορετικές περιοχές της νανοτεχνολογίας και για κάθε παράδειγμα παρουσιάζουμε μια διαφορετική μεθοδολογία κβαντικού ελέγχου για τη δημιουργία διακοπών σε μοριακή κλίμακα με χρήση οπτικών μεθόδων. Σε κάθε εφαρμογή παρουσιάζουμε αναλυτικά τη θεωρία των μεθοδολογιών κβαντικού ελέγχου τις οποίες εφαρμόζουμε σε συγκεκριμένα μοριακά συστήματα.

- Εργασία [75]

Παρουσιάζουμε ένα κλασικό ανάλογο του φαινομένου της ηλεκτρομαγνητικά επαγόμενης διαφάνειας το οποίο δημιουργείται όταν φως απορροφάται από ένα διδιάστατο πλέγμα μεταλλικών σφαιρών που βρίσκονται πάνω σε ένα ασύμμετρο διηλεκτρικό κυματοδηγό. Η διαφάνεια εμφανίζεται ως σημαντική μείωση της απορρόφησης κοντά στο μέγιστο της απορρόφησης των επιφανειακών πλασμονίων. Η οπτική διαφάνεια ακολουθείται από δημιουργία αργού φωτός, όπου η ταχύτητα ομάδος μπορεί να μειωθεί ως 6000 φορές περίπου. Ταυτόχρονα το ελάχιστο μήκος για αποθήκευση ενός bit πληροφορίας στο σύστημα αυτό είναι της τάξης των 100 nm. Το προτεινόμενο σύστημα παρουσιάζει μια απλή, χρηστική και εύκολα υλοποιήσιμη πρόταση για τη δημιουργία ηλεκτρομαγνητικά επαγόμενης διαφάνειας και αργού φωτός, σε σύγκριση με ατομικά/μοριακά συστήματα, συστήματα στερεάς κατάστασης και άλλα φωτονικά συστήματα, και επιτρέπει την πλήρως οπτική αποθήκευση και επεξεργασία πληροφορίας.

- Εργασία [76]

Στην εργασία αυτή συνεχίζουμε το θέμα της εργασίας [46] και παρουσιάζουμε τόσο αναλυτικά όσο και αριθμητικά αποτελέσματα του φάσματος εκπομπής μιας μοριακής κβαντικής τελείας δύο ηλεκτρονίων που αλληλεπιδρά με ένα συνεχές ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Στην περίπτωση αλληλεπίδρασης του συστήματος με πεδίο υψηλών συχνοτήτων δείχνουμε ότι μπορούμε να περιγράψουμε αρκετά καλά τη συμπεριφορά της περιοχής χαμηλών αρμονικών του φάσματος εκπομπής με αναλυτικά αποτελέσματα από ένα ενεργό σύστημα δύο ενεργειακών επιπέδων. Τα αναλυτικά αποτελέσματα περιγράφουν ικανοποιητικά τη συμπεριφορά του συστήματος και στην περίπτωση αλληλεπίδρασης με πεδία χαμηλών συχνοτήτων, όμως μόνο για συγκεκριμένες τιμές των παραμέτρων. Μια σειρά από φαινόμενα προκύπτουν και από τα αριθμητικά αποτελέσματα, όπως γένεση υψηλών αρμονικών και σπάσιμο αρμονικών, τα οποία δεν μπορούν να εξηγηθούν από τα αναλυτικά αποτελέσματα.

- Εργασία [77]

Δείχνουμε ότι η κβαντική συμβολή μεταξύ δύο καναλιών αυθόρμητης εκπομπής σε ένα σύστημα τύπου V μπορεί να αυξηθεί σημαντικά όταν το σύστημα τοποθετηθεί κοντά σε μια πλασματική νανοδομή, όπως π.χ. μια μεταλλική νανοσφαίρα, ή μια περιοδική δομή μεταλλικών νανοφλοιών. Η αυθόρμητη εκπομπή υπολογίζεται μέσω ακριβούς υπολογισμού του τανυστή Green από πρώτες αρχές. Η αύξηση της κβαντικής συμβολής δημιουργείται λόγω της ισχυρής εξάρτησης του ρυθμού αυθόρμητης εκπομπής στην κατεύθυνση του ηλεκτρικού διπόλου σε σχέση με την επιφάνεια της μεταλλικής νανοδομής κοντά στις συχνότητες των επιφανειακών πλασμονίων. Το σύστημα αυτό προτείνει μια πρακτική λύση σε ένα σημαντικό πρόβλημα που έχουμε ασχοληθεί τόσο εμείς (π.χ. στις εργασίες [6], [8], [10], [18], [22], [56]) όσο και μια σειρά από άλλοι επιστήμονες για αρκετά χρόνια.

- Εργασία [78]

Στην εργασία αυτή μελετάμε θεωρητικά τη σύμφωνη μεταφορά ενός ηλεκτρονίου μεταξύ των θεμελιωδών καταστάσεων δύο απομακρυσμένων κβαντικών τελειών. Η μεταφορά ηλεκτρονίων είναι εξωτερικά ελεγχόμενη από εφαρμοζόμενα ηλεκτρομαγνητικά πεδία τα οποία είναι είτε σε συντονισμό, είτε κοντά σε συντονισμό με κάποιες κβαντικές διεγέρσεις του συστήματος των δύο κβαντικών τελειών. Τα πεδία αυτά μπορεί να είναι διαφόρων χρονικών μορφών (π.χ. ορθογώνιος παλμός, Γκαουσιανός παλμός, κλπ) και μεταβλητής



έντασης και χρονικής διάρκειας. Μέσω κατάλληλης προσεγγιστικής μεθόδου δίνουμε αναλυτικά αποτελέσματα για τις παραμέτρους των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων που οδηγούν σε πλήρη ή μεγάλης πιστότητας μεταφορά πληθυσμού. Τα αναλυτικά αποτελέσματα συγκρίνονται με αριθμητικά αποτελέσματα και βρίσκουμε πολύ καλή συμφωνία μεταξύ των δύο. Η μεθοδολογία ελέγχου που προτείνουμε μπορεί να εφαρμοστεί τόσο σε ασύμμετρα όσο και σε συμμετρικά συστήματα κβαντικών τελειών.

- Εργασία [79]

Στην εργασία αυτή συνεχίζουμε την έρευνα μας στην ελεγχόμενη μεταφορά ηλεκτρονίων σε δια-υποζωνικές μεταβάσεις σε ημιαγώγιμα κβαντικά πηγάδια, όταν οι αλληλεπιδράσεις ηλεκτρονίου-ηλεκτρονίου λαμβάνονται υπόψη, προτείνοντας μια νέα μέθοδο που συμπληρώνει τις μεθόδους που προτάθηκαν στις εργασίες [57], [61] και [71], και βασίζεται στην αδιαβατική μεταφορά πληθυσμού. Θεωρούμε την αλληλεπίδραση ηλεκτρομαγνητικών πεδίων με χρονικά εξαρτημένη συχνότητα με ένα σύστημα δύο υποζωνών. Η δυναμική του συστήματος περιγράφεται από τις μη-γραμμικές εξισώσεις του πίνακα πυκνότητας. Αρχικά υπολογίζουμε τις παραμέτρους ενός ρεαλιστικού διπλού κβαντικού πηγαδιού GaAs/AlGaAs επιλύοντας τις συζευγμένες εξισώσεις Schrödinger-Poisson. Στη συνέχεια επιλύουμε τις εξισώσεις του πίνακα πυκνότητας για διάφορες τιμές της επιφανειακής ηλεκτρονικής πυκνότητας και μελετάμε τόσο την επίδραση της επιφανειακής πυκνότητας, όσο και των παραμέτρων των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στην απόδοση της προτεινόμενης μεθόδου.

- Εργασία [80]

Στην εργασία αυτή μελετάμε υπολογιστικά την απόδοση της μεθόδου πλήρους οπτικής διαμόρφωσης μέσω απορρόφησης που βασίζεται στο φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικά επαγόμενης διαφάνειας. Μελετάμε ένα κβαντικό σύστημα τριών ενεργειακών επιπέδων τύπου Λ, με έμφαση σε ατομικά/μοριακά συστήματα όσο και σε ημιαγώγιμες νανοδομές, που αλληλεπιδρά με δύο παλμικά ηλεκτρομαγνητικά πεδία, το πεδίο σύζευξης και το πεδίο ιχνηθέτη. Με χρήση αριθμητικής επίλυσης των συζευγμένων εξισώσεων Maxwell – πίνακα πυκνότητας, δείχνουμε ότι η μορφή του πεδίου σύζευξης μπορεί να μεταφερθεί στο πεδίο ιχνηθέτη και μελετάμε την απόδοση αυτής της μεταφοράς για μια σειρά από παραμέτρους του κβαντικού συστήματος, αλλά και των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων.

- Εργασία [81]

Στην εργασία αυτή προτείνουμε μια μέθοδο για την ελεγχόμενη προετοιμασία μιας κατάστασης δι-εξιτονίου σε μια κβαντική τελεία με τη χρήση εξωτερικού πεδίου laser. Αρχικά αναλύουμε την αλληλεπίδραση της κβαντικής τελείας με το πεδίο laser με χρήση της χρονικά εξαρτημένης εξίσωσης Schrödinger. Χρησιμοποιούμε τη μεθοδολογία ελεγχόμενης περιστροφής που έχουμε αναπτύξει και εφαρμόσει σε προηγούμενες εργασίες (π.χ. στις εργασίες [37], [39], [40] και [44]), για την υψηλής απόδοσης δημιουργία της κατάστασης δι-εξιτονίου. Στη συνέχεια με χρήση κατάλληλων εξισώσεων του πίνακα πυκνότητας μελετάμε την επίδραση των φαινομένων αποσυμφωνίας και απόσβεσης που εμφανίζονται στις κβαντικές τελείες στην απόδοση της προτεινόμενης μεθόδου.

- Εργασία [82]

Στην εργασία αυτή μελετάμε γραμμικές και μη-γραμμικές οπτικές διεργασίες σε δια-υποζωνικές μεταβάσεις σε ημιαγώγιμα κβαντικά πηγάδια που αλληλεπιδρούν με ένα εξωτερικό ηλεκτρομαγνητικό πεδίο, όταν οι αλληλεπιδράσεις ηλεκτρονίου-ηλεκτρονίου λαμβάνονται υπόψη. Η αλληλεπίδραση του συστήματος με το εξωτερικό πεδίο περιγράφεται από τις μη-γραμμικές εξισώσεις του πίνακα πυκνότητας. Αρχικά υπολογίζουμε τις παραμέτρους ενός ρεαλιστικού διπλού κβαντικού πηγαδιού GaAs/AlGaAs επιλύοντας τις συζευγμένες εξισώσεις Schrödinger-Poisson. Στη συνέχεια επιλύουμε προσεγγιστικά, αναλυτικά τις εξισώσεις του πίνακα πυκνότητας και υπολογίζουμε τις οπτικές επιδεκτικότητες πρώτης, τρίτης και πέμπτης τάξης για το σύστημα μας. Στη συνέχεια μελετάμε την επίδραση της επιφανειακής ηλεκτρονικής πυκνότητας στις υπολογιζόμενες επιδεκτικότητες.

- Εργασία [83]

Στην εργασία αυτή δείχνουμε θεωρητικά ότι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε μετα-υλικά που βασίζονται σε σκέδαση Mie εμφανίζει αρνητικό δείκτη διάθλασης, αλλά και εξαιρετικά μειωμένη ταχύτητα ομάδας (της τάξεως του  $10^5$  σε σχέση με τη διάδοση στο κενό), δηλαδή δημιουργείται αργό φως. Μάλιστα στην περίπτωση αυτή η ταχύτητα ομάδας είναι αντίθετη της ταχύτητας φάσης. Στην υπέρυθη περιοχή του φάσματος η συμπεριφορά αυτή επιτυγχάνεται με δυαδικές υπερδομές που αποτελούνται από πολαριτονικές ( $\text{LiTaO}_3$ ) και πλασμονικές (n-doped Ge) μικροσφαίρες, ενώ στο ορατό με μεταλλικά επικαλυμμένες ημιαγώγιμες (CuCl) νανοσφαίρες. Για τους ηλεκτρομαγνητικούς υπολογισμούς μας χρησιμοποιούμε τη μεθοδολογία της στρωματικής μεθόδου πολλαπλής σκέδασης.

- Εργασία [84]

Στην εργασία αυτή επανερχόμαστε στη δομή τριών αδιαβατικά συζευγμένων κυματοδηγών (που η αρχική πρόταση έγινε στην εργασία [52]) και μελετάμε την επίδραση της μη-γραμμικότητας του υλικού των κυματοδηγών, σε συστήματα που υπάρχει συνδυασμός γραμμικών και μη-γραμμικών κυματοδηγών, αναλύοντας τις διαδικασίες εναλλαγής φωτός με χρήση της θεωρίας των συζευγμένων τρόπων διάδοσης. Δείχνουμε ότι ο συνδυασμός που ο κεντρικός κυματοδηγός είναι μη-γραμμικός ενώ οι εξωτερικοί κυματοδηγοί είναι γραμμικοί συμπεριφέρεται εξαιρετικά όμοια με τον πλήρως γραμμικό συνδυασμό, δηλαδή ότι η μη-γραμμικότητα του υλικού δεν παίζει ουσιαστικά ρόλο σε αυτή την περίπτωση.

- Εργασία [85]

Στην εργασία αυτή μελετάμε θεωρητικά την επίδραση μιας πλασματικής νανοδομής στην αυθόρμητη εκπομπή ενός κβαντικού συστήματος τεσσάρων επιπέδων τύπου διπλού V, όπου μια μετάβαση τύπου V γίνεται στο κενό ενώ η άλλη μετάβαση τύπου V γίνεται σε συχνότητες που επηρεάζονται από τα επιφανειακά πλασμόνια της νανοδομής. Η πλασματική νανοδομή αποτελείται από μια διδιάστατη διάταξη διηλεκτρικών νανοσφαιρών επικαλυμμένων με μέταλλο (μεταλλικοί νανοφλοιοί). Δείχνουμε ότι το φάσμα της αυθόρμητης εκπομπής στο κενό επηρεάζεται σημαντικά από την ύπαρξη της πλασματικής νανοδομής και μελετάμε την επίδραση των αρχικών συνθηκών του κβαντικού συστήματος και της απόστασης από τη νανοδομή στο φάσμα της αυθόρμητης εκπομπής.

- Εργασία [86]

Στην εργασία αυτή δείχνουμε ότι η φωτο-επαγόμενη διαμοριακή μεταφορά ενέργειας μπορεί να αυξηθεί σημαντικά στην υπεριώδη περιοχή του φάσματος από την ύπαρξη μιας πλασματικής νανοδομής μεταξύ των μορίων. Η πλασματική νανοδομή αποτελείται από μια διδιάστατη διάταξη διηλεκτρικών νανοσφαιρών επικαλυμμένων με μέταλλο (μεταλλικοί νανοφλοιοί), δομή που έχει χρησιμοποιηθεί και στις εργασίες [77] και [85]. Ο ρυθμός της συντονιστικής μεταφοράς ενέργειας για μοριακά συστήματα δότη-δέκτη με μεταβάσεις απορρόφησης και εκπομπής στο υπεριώδες, υπό την επίδραση της πλασματικής νανοδομής υπολογίζεται από πρώτες αρχές με μια μεθοδολογία ηλεκτρομαγνητικού τανυστή Green. Επίσης, παρουσιάζονται παραδείγματα από φουλερένια και οργανικές ενώσεις ως μόρια

δότη και δέκτη. Η ηλεκτρονική δομή των μορίων αυτών βρίσκεται με ακριβείς αριθμητικούς υπολογισμούς.

- Εργασία [87]

Στην εργασία αυτή μελετάμε θεωρητικά τις συνθήκες για τη δημιουργία οπτικής διπλοσταθερότητας σε ένα σύστημα δύο υποζωνών σε ένα ημιαγώγιμο κβαντικό πηγάδι. Εξετάζουμε την περίπτωση της αλληλεπίδρασης του συστήματος των δύο υποζωνών με ένα συνεχές ηλεκτρομαγνητικό πεδίο, το οποίο οδηγεί σε δια-υποζωνικές μεταβάσεις. Η αλληλεπίδραση του συστήματος με το εξωτερικό πεδίο περιγράφεται από τις μη-γραμμικές εξισώσεις του πίνακα πυκνότητας. Αρχικά υπολογίζουμε τις παραμέτρους ενός ρεαλιστικού κβαντικού πηγαδιού GaAs/AlGaAs επιλύοντας τις συζευγμένες εξισώσεις Schrödinger-Poisson. Στη συνέχεια παρουσιάζουμε αναλυτικές λύσεις των εξισώσεων του πίνακα πυκνότητας, σε στάσιμη κατάσταση. Για αρκετές τιμές των παραμέτρων του συστήματος τρεις δυνατές τιμές της αναστροφής πληθυσμού είναι δυνατές και εκεί εμφανίζεται το φαινόμενο της οπτικής διπλοσταθερότητας. Οι συνθήκες οπτικής διπλοσταθερότητας, που καθορίζουν τις παραμέτρους που οδηγούν σε οπτική διπλοσταθερότητα, παρουσιάζονται με τη μορφή συγκεκριμένων ανισοτήτων.

- Εργασίες [88] και [91]

Στις εργασίες αυτές μελετάμε θεωρητικά τα φαινόμενα της απορρόφησης και διασποράς (εργασία [91]), της μίξης τεσσάρων κυμάτων (εργασία [91]) και της μη-γραμμικότητας Kerr (εργασία [88]) για ένα ηλεκτρομαγνητικό πεδίο ιχνηθέτη, υπό την επίδραση ενός πεδίου σύζευξης που βρίσκεται κοντά σε συντονισμό σε ένα σύστημα δύο υποζωνών σε ένα ημιαγώγιμο κβαντικό πηγάδι. Εξετάζουμε την περίπτωση της αλληλεπίδρασης του συστήματος των δύο υποζωνών με ορθογώνια ηλεκτρομαγνητικά πεδία ιχνηθέτη και σύζευξης, τα οποία οδηγούν σε δια-υποζωνικές μεταβάσεις. Η αλληλεπίδραση του συστήματος με τα εξωτερικά πεδία περιγράφεται από τις μη-γραμμικές εξισώσεις του πίνακα πυκνότητας. Αρχικά εξάγουμε τις κατάλληλες διαφορικές εξισώσεις των στοιχείων του πίνακα πυκνότητας για τις διάφορες οπτικές διαδικασίες με χρήση κατάλληλου αναπτύγματος και επιλύουμε τόσο αναλυτικά, όπου είναι εφικτό, όσο και αριθμητικά τις εξαγόμενες εξισώσεις. Στη συνέχεια παρουσιάζουμε και αναλύουμε τη μορφή των φασμάτων για τις διάφορες οπτικές διαδικασίες, για διαφορετικές τιμές της έντασης και συχνότητας του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου σύζευξης και για διαφορετικές τιμές της

επιφανειακής πυκνότητας ηλεκτρονίων για ένα σύστημα διπλού κβαντικού πηγαδιού GaAs/AlGaAs.

- Εργασία [89]

Στην εργασία αυτή μελετάμε θεωρητικά το φαινόμενο της παλμικής μίξης τεσσάρων κυμάτων για ένα ασθενές ηλεκτρομαγνητικό πεδίο ιχνηθέτη, υπό την επίδραση ενός πεδίου σύζευξης που βρίσκεται κοντά σε συντονισμό σε ένα σύστημα δύο υποζωνών σε ένα ημιαγώγιμο κβαντικό πηγάδι. Εξετάζουμε την περίπτωση της αλληλεπίδρασης του συστήματος των δύο υποζωνών με παλμικά ηλεκτρομαγνητικά πεδία ιχνηθέτη και σύζευξης Γκαουσιανής μορφής, τα οποία οδηγούν σε δια-υποζωνικές μεταβάσεις. Η αλληλεπίδραση του συστήματος με τα εξωτερικά πεδία περιγράφεται από τις μη-γραμμικές εξισώσεις του πίνακα πυκνότητας. Αρχικά εξάγουμε τις διαφορικές εξισώσεις των στοιχείων του πίνακα πυκνότητας για το συγκεκριμένο φαινόμενο με χρήση κατάλληλου αναπτύγματος, τις οποίες επιλύουμε αριθμητικά. Στη συνέχεια παρουσιάζουμε και αναλύουμε τη μορφή του χρονικά ολοκληρωμένου φάσματος μίξης τεσσάρων κυμάτων για διαφορετικές τιμές της έντασης και συχνότητας του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου σύζευξης, της χρονικής καθυστέρησης μεταξύ των πεδίων ιχνηθέτη και σύζευξης και για διαφορετικές τιμές της επιφανειακής πυκνότητας ηλεκτρονίων για ένα σύστημα διπλού κβαντικού πηγαδιού GaAs/AlGaAs.

- Εργασία [90]

Στην εργασία αυτή συνεχίζουμε τη μελέτη που ξεκινήσαμε στην εργασία [77] για τη δημιουργία κβαντικής συμβολής στην αυθόρμητη εκπομπή σε ένα κβαντικό σύστημα τύπου V με εκφυλισμένες διεγερμένες καταστάσεις, λόγω της ύπαρξης μιας πλασμονικής νανοδομής. Η πλασμονική νανοδομή αποτελείται από μια διδιάστατη διάταξη διηλεκτρικών νανοσφαιρών επικαλυμμένων με μέταλλο, δομή που έχει χρησιμοποιηθεί και στις εργασίες [77], [85] και [86]. Εδώ παρουσιάζουμε τη δυναμική του πληθυσμού στις διάφορες ενεργειακές καταστάσεις, μέσω αναλυτικών λύσεων του πίνακα πυκνότητας, και μελετάμε ιδιαίτερα την επίδραση των διαφορετικών αρχικών συνθηκών στη δυναμική πληθυσμού. Δείχνουμε ότι στην περίπτωση που μόνο μια διεγερμένη κατάσταση είναι αρχικά κατειλημμένη, τότε με την πάροδο του χρόνου και η δεύτερη διεγερμένη κατάσταση αποκτά πληθυσμό, και καταλήγουν και οι δύο καταστάσεις στο τέλος με τον ίδιο πληθυσμό. Στην περίπτωση που οι διεγερμένες καταστάσεις έχουν αρχικά τον ίδιο πληθυσμό, η δυναμική του συστήματος εξαρτάται σημαντικά από την κβαντική συμφωνία της αρχικής υπέρθεσης, και

οδηγεί είτε σε πολύ αργή απόσβεση (για αντισυμμετρική υπέρθεση), είτε σε πολύ γρήγορη απόσβεση (για συμμετρική υπέρθεση), είτε σε συνδυασμό πολύ γρήγορης και πολύ αργής απόσβεσης (για ασύμφωνη μίξη).

- Εργασίες [92] και [96]

Στις εργασίες αυτές μελετάμε την εντοπισμένη σύμπλεξη (localizable entanglement) σε εκτεταμένες μονοδιάστατες ανισότροπες αλυσίδες XYZ Heisenberg που μπορεί να αλληλεπιδρούν και με ένα ομογενές μαγνητικό πεδίο. Μελετάμε συστηματικά την περίπτωση των σιδηρομαγνητικών, αντισιδηρομαγνητικών και μικτών αλυσίδων χρησιμοποιώντας την κβαντική θεωρία Monte Carlo για τις υπολογιστικές προσομοιώσεις. Αναλύουμε τη θερμική σύμπλεξη με χρήση των ορίων της εντοπισμένης σύμπλεξης. Δείχνουμε ότι η θερμική σύμπλεξη μπορεί να έχει πολύ διαφορετική συμπεριφορά ανάλογα με το είδος της μαγνητικής αλυσίδας, το μήκος της αλυσίδας (εντός συγκεκριμένων ορίων), τη θερμοκρασία, την ένταση της σύζευξης μεταξύ των σπιν και την ένταση του εφαρμοζόμενου μαγνητικού πεδίου.

- Εργασία [93]

Στην εργασία αυτή δείχνουμε ότι η μη-γραμμική οπτική ανόρθωση σε μόρια μπορεί να ενισχυθεί σημαντικά από την ύπαρξη μιας πλασματικής νανοδομής κοντά στα μόρια. Συγκεκριμένα, βρίσκουμε ότι ο συντελεστής μη-γραμμικής οπτικής ανόρθωσης μπορεί να ενισχυθεί σημαντικά στην περιοχή του ορατού φάσματος με χρήση μιας δομής νανοσφαιρών  $\text{SiO}_2$  που επικαλύπτονται από χαλκό. Επίσης, παρουσιάζονται παραδείγματα οργανικών μοριακών συστημάτων (μεταλλο-πορφυρίνες) με μεταβάσεις στις κατάλληλες συχνότητες, όπου η ηλεκτρονική τους δομή έχει υπολογιστεί με υπολογισμούς πρώτων αρχών.

- Εργασία [94]

Στην εργασία αυτή συνεχίζουμε τη μελέτη διαφόρων μεθόδων για τη δημιουργία ελεγχόμενης μεταφοράς πληθυσμού μεταξύ δύο υποζωνών με ημιαγώγιμο κβαντικά πηγάδια, δηλαδή συνεχίζουμε τις μεθόδους που παρουσιάστηκαν στις εργασίες [57], [61], [71] και [79]. Στην παρούσα εργασία δίνουμε έμφαση στην αλληλεπίδραση ενός διπλού κβαντικού πηγαδιού GaAs/AlGaAs με ηλεκτρομαγνητικούς παλμούς διάρκειας μερικών κύκλων. Επιλύουμε αριθμητικά τις κατάλληλες εξισώσεις Bloch για το ημιαγώγιμο κβαντικό πηγάδι, λαμβάνοντας υπόψη ότι υπάρχει αλληλεπίδραση με υπερβραχείς παλμούς, και

δείχνουμε ότι συγκεκριμένες του εμβαδού των παλμών (pulse area) μπορεί να οδηγήσουν σε υψηλής απόδοσης μεταφορά πληθυσμού από τη χαμηλότερη στην υψηλότερη υποζώνη. Επίσης, μελετάμε την επίδραση της επιφανειακής ηλεκτρονικής πυκνότητας, της διάρκειας των παλμών και της φάσης (carrier envelope phase) στην απόδοση της μεταφοράς πληθυσμού. Βρίσκουμε ότι για παλμούς διάρκειας (FWHM) αρκετών κύκλων η επιφανειακή ηλεκτρονική πυκνότητα παίζει σημαντικό ρόλο στην απόδοση της μεταφοράς πληθυσμού, όμως για παλμούς με διάρκεια μικρότερη ή ίση από 3 κύκλους έχουμε υψηλής απόδοσης μεταφορά πληθυσμού, ανεξάρτητα από την επιφανειακή πυκνότητα, για  $\pi$  παλμούς.

- Εργασία [95]

Στην εργασία αυτή αναλύουμε μια σχετικά νέα ποσότητα για τη μελέτη κβαντικών συσχετίσεων, τη θερμική κβαντική διαφωνία (quantum discord), αλλά και τις κλασικές συσχετίσεις, σε ένα σύστημα δύο μαγνητικών κβαντικών bit που συνδέονται μέσω αλληλεπίδρασης Ising και αλληλεπιδρούν ανεξάρτητα με εξωτερικά μαγνητικά πεδία, σύστημα ίδιο με αυτό που μελετήθηκε στην εργασία [45]. Κάνουμε μια συστηματική μελέτη όλων των συσχετίσεων για διάφορες θερμοκρασίες, πλάτος και διεύθυνση μαγνητικών πεδίων. Βρίσκουμε ότι υπάρχουν περιοχές όπου υπάρχει αναγέννηση των κλασικών και κβαντικών συσχετίσεων. Επιπλέον, παρατηρούμε αύξηση των κβαντικών συσχετίσεων με την αύξηση της ανισοτροπίας των μαγνητικών πεδίων για συγκεκριμένες τιμές της έντασης των μαγνητικών πεδίων. Συγκρίνοντας την κβαντική διαφωνία με την κβαντική σύμπλεξη βρίσκουμε ότι η κύρια πηγή των κβαντικών συσχετίσεων έρχεται από την κβαντική σύμπλεξη. Συνολικά καταλήγουμε ότι ο ανεξάρτητος έλεγχος του κάθε σπιν από μαγνητικά πεδία μπορεί να οδηγήσει σε υψηλές τιμές της κβαντικής διαφωνίας, άρα είναι χρήσιμος σε εφαρμογές κβαντικών υπολογιστών και κβαντικής πληροφορίας.

- Εργασία [97]

Στην εργασία αυτή προτείνουμε μια παραλλαγή σε μία από τις πρώτες μεθόδους προσομοίωσης κβαντικού Monte Carlo για μονοδιάστατες αλυσίδες XYZ Heisenberg σπιν  $\frac{1}{2}$  που αλληλεπιδρούν με μαγνητικό πεδίο στη διεύθυνση z. Η μέθοδος βασίζεται σε ένα συνδυασμό του μετασχηματισμού Suzuki-Trotter με κατάλληλο ανάπτυγμα σειράς Taylor. Η μέθοδος αυτή οδηγεί σε σημαντικό κέρδος τόσο στην ακρίβεια των υπολογισμών όσο και στον υπολογιστικό χρόνο και είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε περιπτώσεις ασθενών μαγνητικών πεδίων και πολύ μικρών θερμοκρασιών. Το τελευταίο είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στους τομείς

κβαντικών υπολογιστών και κβαντικής πληροφορίας, όπου ένα από τα ζητούμενα είναι ο υπολογισμός της κβαντικής σύμπλεξης, και γενικότερα κβαντικών συσχετίσεων, σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες σε μαγνητικές αλυσίδες.

- Εργασία [98]

Στην εργασία αυτή συνεχίζουμε τις μελέτες μας στις εργασίες [88] και [91] και μελετάμε θεωρητικά την χρονική εξέλιξη των φαινομένων της απορρόφησης, διασποράς και της μη-γραμμικότητας Kerr για ένα ασθενές ηλεκτρομαγνητικό πεδίο ιχνηθέτη, υπό την επίδραση ενός ισχυρού πεδίου σύζευξης που βρίσκεται κοντά σε συντονισμό σε ένα σύστημα δύο υποζωνών σε ένα ημιαγώγιμο κβαντικό πηγάδι. Εξετάζουμε την περίπτωση της αλληλεπίδρασης του συστήματος των δύο υποζωνών με ορθογώνια ηλεκτρομαγνητικά πεδία ιχνηθέτη και σύζευξης, τα οποία οδηγούν σε δια-υποζωνικές μεταβάσεις. Η αλληλεπίδραση του συστήματος με τα εξωτερικά πεδία περιγράφεται από τις μη-γραμμικές εξισώσεις του πίνακα πυκνότητας οι οποίες επιλύονται αριθμητικά. Στη συνέχεια παρουσιάζουμε τη χρονική εξέλιξη των φασμάτων για τις διάφορες οπτικές διαδικασίες, για διαφορετικές τιμές της συχνότητας του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου σύζευξης και της επιφανειακής πυκνότητας ηλεκτρονίων για ένα σύστημα διπλού κβαντικού πηγαδιού GaAs/AlGaAs. Επίσης, δίνουμε μια ανάλυση της συμπεριφοράς του συστήματος με τη μέθοδο των ενδεδυμένων καταστάσεων (dressed states). Ένα βασικό συμπέρασμα είναι ότι ανάλογα με την τιμή της επιφανειακής πυκνότητας ηλεκτρονίων ακόμα και αν το παραγόμενο τελικό φάσμα (σε στάσιμη κατάσταση) είναι το ίδιο, η χρονική εξέλιξη των φασμάτων μπορεί να είναι σημαντικά διαφορετική.