

Πρόλογος

Η συγγραφή του παρόντος βιβλίου αποτελεί προϊόν της διδασκαλίας εκ μέρους μου ενός μαθήματος πάνω στην κβαντική θεωρία των συστημάτων πολλών σωματιδίων, όπως είναι αυτά που συναντάμε σε μεγάλη ποικιλία στη φυσική συμπυκνωμένης ύλης αλλά και σε άλλους κλάδους της φυσικής και της κβαντικής χημείας. Το βιβλίο απευθύνεται στους μεταπτυχιακούς και προχωρημένους προπτυχιακούς φοιτητές με ενδιαφέρον για το γνωστικό αντικείμενο που πραγματεύεται, ενώ προτίθεται να είναι χρήσιμο και στους νέους ερευνητές του πεδίου.

Το κείμενο του βιβλίου χωρίζεται σε τρία μέρη που αντιστοιχούν σε μια λογική ανάπτυξη η οποία προϋποθέτει εκ μέρους του αναγνώστη μόνο την κατανόηση της στοιχειώδους κβαντομηχανικής και στατιστικής μηχανικής, όπως αυτές καλύπτονται στα αντίστοιχα βασικά προπτυχιακά μαθήματα του Πανεπιστημίου.

Το πρώτο μέρος αφιερώνεται στην εισαγωγή και ανάπτυξη της γλώσσας της δεύτερης κβάντωσης, στην οποία είναι γραμμένη η σύγχρονη φυσική των κβαντικών συστημάτων πολλών σωματιδίων. Η γλώσσα αυτή χρησιμοποιείται στη συνέχεια για τον ορισμό και την ανάλυση μιας σειράς απλών μοντέλων αλληλεπιδρώντων σωματιδίων τύπου Bose ή Fermi ή και εντοπισμένων μαγνητικών ροπών (σπιν), τα οποία αποτελούν ακρογωνιαίους λίθους για την κατανόηση των συνεπειών των αλληλεπιδράσεων. Τυπικά παραδείγματα αποτελούν, μεταξύ άλλων, το ομογενές ηλεκτρονικό αέριο, το μοντέλο του Bogoliubov για την υπερρευστότητα, και το μοντέλο των Bardeen-Cooper-Schrieffer για την υπεραγωγιμότητα.

Το δεύτερο μέρος εστιάζεται στη θεωρία των συναρτήσεων Green, οι οποίες συνδέονται άμεσα με τα παρατηρήσιμα μεγέθη των κβαντικών συστημάτων πολλών σωματιδίων σε πεπερασμένες θερμοκρασίες. Δίνεται έμφαση στις αναλυτικές ιδιότητες αυτών των συναρτήσεων και παρουσιάζεται η απλούστερη –αλλά ταυτόχρονα αποτελεσματική– μέθοδος υπολογισμού τους, που δεν είναι άλλη από τη μέθοδο των εξισώσεων κίνησης με τις συναφείς προσεγγίσεις αποσύζευξης. Τυπικές εφαρμογές σε απλά μοντέλα αλληλεπιδρώντων σωματιδίων χρησιμοποιούνται για την εξοικείωση με διάφορες πτυχές της θεωρίας αλλά και την εξαγωγή χρήσιμων φυσικών απο-

τελεσμάτων τα οποία αφορούν τόσο δυναμικές όσο και στατικές –θερμοδυναμικές– ιδιότητες.

Το τρίτο –και τελευταίο– μέρος του βιβλίου αφιερώνεται στην παρουσίαση της περίφημης διαγραμματικής θεωρίας διαταραχών του Feynman, πάντα σε πεπερασμένες θερμοκρασίες, η οποία αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο υπολογισμού των συναρτήσεων Green. Επιλεκτικές αθροίσεις διαγραμμάτων Feynman, οι οποίες έχουν αντιστοίχιση με κατάλληλες προσεγγίσεις αποσύζευξης των εξισώσεων κίνησης, αποτελούν εδώ χρήσιμα παραδείγματα για την καλύτερη κατανόηση της φύσης των προσεγγίσεων αλλά και την ανάδειξη των συγκριτικών πλεονεκτημάτων των διαφόρων μεθόδων υπολογισμού.

Ο παιδαγωγικός στόχος του βιβλίου είναι να προετοιμάσει τον φοιτητή για τη μελέτη της σχετικής ερευνητικής βιβλιογραφίας. Είναι όμως φανερό ότι ένας τέτοιος στόχος δεν μπορεί να επιτευχθεί εάν η διαδικασία μάθησης δεν περιλαμβάνει και “μια ισχυρή συνιστώσα αυτομάθησης”, για να δανειστώ μια φράση του συνάδελφου Σ. Τραχανά.

Η παρούσα συγγραφική εργασία έχει τις ρίζες της τόσο σε μακρινούς όσο και σε πλησιέστερους τόπους, χρόνους και ανθρώπους. Αναφερόμενος στους τελευταίους, οφείλω να ευχαριστήσω θερμά τους M. G. Cottam, E. W. Fenton, και C. P. Enz, για τις γνώσεις και τις ερευνητικές ευκαιρίες που μου πρόσφεραν σε σχέση με το αντικείμενο αυτού του βιβλίου. Ευχαριστίες οφείλω επίσης και στους συναδέλφους E. N. Οικονόμου και N. Παπανικολάου, οι οποίοι με τη δράση τους εξ αποστάσεως ή και εξ επαφής συνέβαλαν στην περαιτέρω δική μου κατανόηση του γνωστικού αντικειμένου.

Η στοιχειοθέτηση του κειμένου του βιβλίου έγινε με το σύστημα L^AT_EX ενώ ο σχεδιασμός των σχημάτων έγινε με τα πακέτα γραφικών PSTricks και feynMF. Η υποστήριξη του παραπάνω λογισμικού αλλά και της γενικότερης υπολογιστικής λειτουργίας που μου πρόσφερε ο Δ. Κουναλάκης, μέλος του Υπολογιστικού Κέντρου του Πανεπιστημίου Κρήτης, ήταν ανεκτίμητη και τον ευχαριστώ ιδιαίτερω. Η τελική μορφή και έκδοση του βιβλίου οφείλεται στην άψογη επαγγελματική εργασία του προσωπικού των Πανεπιστημιακών Εκδόσεων Κρήτης, τους οποίους ευχαριστώ θερμά.

*Γρηγόριος Χ. Ψαλτάκης
Ηράκλειο, Οκτώβριος 2008*