

1. Σωματίδιο-Κύμα. Περίθλαση φωτός και ηλεκτρονίων. Σχέσεις *deBroglie* και *Planck–Einstein*. Εξίσωση *Schrodinger* και αβεβαιότητα. Αρχή *Pauli*. Αρχές της κβαντομηχανικής. Συμβολή.
2. Τελεστές και παρατηρήσιμα μεγέθη. Μεταθέτες και απροσδιοριστία *Heisenberg*. Συμφωνία και φαινόμενα συμβολής. Παραδείγματα. Κυματοπακέτα.
3. Πυκνότητα καταστάσεων ελεύθερων ηλεκτρονίων σε 1,2,3-διαστάσεις. Επέκταση σε σχεδόν μονο- και δισ-διάστατα συστήματα. Κβαντικά σύρματα και κβαντικά πηγάδια. Αρχή *Pauli*.
4. Προσεγγιστική μέθοδος *LCAO*. Εφαρμογή σε συστήματα δύο καταστάσεων. Εφαρμογή σε συζευγμένα πηγάδια (υπερπλέγματα) η μονοδιάστατη ατομική αλυσίδα.
5. Χωρική κβάντωση και μονοδιάστατα προβλήματα. Εφαρμογή σε κβαντικά πηγάδια. Διέλευση και φαινόμενο σήραγγας.
6. Σκέδαση σε 1-διάσταση. Πίνακας σκέδασης. Μέθοδος πίνακα διάδοσης. Εφαρμογή. Ηλεκτρόνια σε μαγνητικά στρώματα.
7. Περιοδικό δυναμικό και θεώρημα *Bloch*. Ζώνες, ενεργός μάζα, οπές. Σύγκριση με μέθοδο ισχυρής δέσμησης σε 1-δ. Πυκνότητα καταστάσεων.
8. Αρμονικός ταλαντωτής. Φάσμα και ιδιοσυναρτήσεις. Τελεστές δημιουργίας και καταστροφής. Εφαρμογή σε 1-διάσταση και κβάντωση *H.M.* κύματος. Σύστημα συζευγμένων αρμονικών ταλαντωτών και φωνόνια.
9. Στροφορμή, σπίν και σύζευξη. Σφαιρικό δυναμικό και εφαρμογή σε 3-διάστατα προβλήματα, π.χ. κβαντική τελεία.
10. Φάσμα ατόμου υδρογόνου και ιδιοσυναρτήσεις ηλεκτρονίων.
11. Περιοδικός πίνακας και μονοσωματιδιακές καταστάσεις σε πολυηλεκτρονικά άτομα (θωράκιση, κανόνες *Hund*). Μέση αλληλεπίδραση  $e - e$  (*Hartree*).
12. Μέθοδος *WKB*. Υπολογισμός πιθανότητας διέλευσης και δέσμιας κατάστασης. Χρονοανεξάρτητη θεωρία διαταραχών (μη εκφυλισμένη, εκφυλισμένη).
13. Εφαρμογές θεωρίας διαταραχών στο άτομο υδρογόνου, αλληλεπίδραση σπιν-τροχιάς. Άλλες εφαρμογές π.χ. μία από *Stark* φαινόμενο, *Zeeman* φαινόμενο, διαταραχή  $\vec{k} \cdot \vec{p}$  σε στερεά, κτλ.
14. Μέθοδος μεταβολών. Εφαρμογή στο άτομο *He*, αλληλεπίδραση ανταλλαγής.
15. *LCAO* και μόρια. Υβριδισμός (*Si*, *H<sub>2</sub>O*, ...). Ταλάντωση και περιστροφή μορίων.
16. Σκέδαση σε 3-διαστάσεις και προσέγγιση *Born*. Εφαρμογή για σκέδαση από ατέλειες, περιοδικό πλέγμα κτλ.
17. Χρονοεξαρτημένη διαταραχή. Χρυσός κανόνας *Fermi*. Υπολογισμός ρυθμού μετάβασης. Αυθόρμητη ακτινοβολία. Σχέσεις *Einstein*.
18. Στατιστική περιγραφή κβαντικών συστημάτων με τον πίνακα πυκνότητας.
19. Συστήματα σε ισορροπία (ηλεκτρόνια φωτόνια, ...) και κατανομές.
20. Ηλεκτρόνια σε στερεά (*Bloch* σε 3-δ). Ζώνες *Brillouin*. Μέθοδος ισχυρής δέσμησης.
21. Εφαρμογές σε τετραεδρικούς ημιαγωγούς.
22. Ηλεκτρόνιο σε ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Αλληλεπίδραση φωτός με στερεό. Οπτικές ιδιότητες, συντελεστής απορρόφησης, διηλεκτρική σταθερά, ταλαντωτική ισχύς(ένταση), κύριο βήμα απορρόφησης.
23. Ελεύθερα ηλεκτρόνια σε μαγνητικό πεδίο. Καταστάσεις *Landau*. Φαινόμενο *Hall*.
24. Εφαρμογές. Εξιτόνια.
25. Φαινόμενα μεταφοράς εκτός ισορροπίας. Χρόνος αποκατάστασης και μέση ελεύθερη διαδρομή. Εξίσωση *Boltzmann* στην προσέγγιση χρόνου επαναφοράς. Φαινόμενα μεταφοράς, αγωγιμότητα, ευκινησία.
26. ....

## Προαπαιτούμενη γνώση

Κβαντομηχανική I ή ισοδύναμο μάθημα. Καλή γνώση της δομής της κβαντικής θεωρίας (τελεστές, περιγραφή κατάστασης συστήματος, εφαρμογή στη λύση απλών προβλημάτων). Αρμονικός ταλαντωτής, στροφορμή, σπιν, άτομο υδρογόνου, άτομα και τεχνικές διαταραχής. Βασικές γνώσεις μαθηματικών καλύπτονται στα προπτυχιακά μαθήματα —Ιδιότητες πινάκων και ορίζουσες, ορθογώνια πολυώνυμα (*Hermite, Legendre Bessel* κτλ. ), διανυσματικοί χώροι, κτλ. Στο μάθημα θα δούμε πολλές εφαρμογές και για αυτό απαιτείται καλό υπόβαθρο σε ατομική φυσική και στερεά κατάσταση. Είναι εξαιρετικά χρήσιμο (απαράιτητο) να έχετε πάρει αντίστοιχα μαθήματα.

## Αξιολόγηση

**20% ασκήσεις + 30% πρόοδος + 50% τελική**

Θα δοθούν περίπου 35 ασκήσεις σε 5 ή 6 σύνολα, που πρέπει να επιστρέφονται (σε καλή μορφή) την ορισμένη ημερομηνία. Οι ασκήσεις είναι ουσιαστικό μέρος της μάθησης. Αυτό ισχύει για κάθε μάθημα. Είναι χρήσιμη η συζήτηση με συναδέλφους σας, αλλά ο καθένας γράφει ξεχωριστά τις ασκήσεις. Οι λύσεις των ασκήσεων πρέπει να είναι δομημένες με επιμέρους βήματα ώστε να είναι δυνατή μερική βαθμολόγηση. Το γραπτό να είναι καθαρογραμμένο και να φαίνονται τα βήματα με σύντομες εξηγήσεις. Δεν χρειάζονται πολλά σχόλια. Όταν ζητούνται μονάδες το σύστημα είναι *SI*. Καμία ποσότητα δεν αντικαθίσταται με μονάδα (1).

## Βιβλιογραφία

1. Ν. Φλυτζάνης, Σημειώσεις 'Εφαρμοσμένη Κβαντική Φυσική' Θα καλύψουν σημαντικό μέρος της νέας ύλης.
2. *H. Kroemer, "Quantum Mechanics with Applications to Materials and Engineering"*. Το βιβλίο καλύπτει μέρος του μαθήματος.
3. *A. Yariv, "Theory and Applications of Quantum Mechanics"*. Σύντομο, καλό για επανάληψη, με εφαρμογές σε *laser* κτλ.
4. *K. F. Brennan, "The Physics of Semiconductors with Applications to Optoelectronic Devices"*. Το μισό είναι κβαντομηχανική και το υπόλοιπο έχει εφαρμογές σε ημιαγωγούς και ιδιότητες. Χρήσιμο για το τελευταίο μέρος του μαθήματος.
5. *W. Harrison, "Applied Quantum Mechanics"*. Πρόσφατο βιβλίο και καλογραμμένο. Ταιριάζει με την φιλοσοφία του μαθήματος. Δυστυχώς δεν είναι όλα τα κεφάλαια προσιτά.
6. *A. Levi, Applied Quantum Mechanics*. Πολύ πρόσφατο.
7. *D. Ferry, "Quantum Mechanics for Device Physicists and Electrical Engineers"*. Αρκετά σύντομο.
8. *M. A. Morrison, "Understanding More Quantum Physics"*. Πολύ καλογραμμένο, ιδιαίτερα για άτομο υδρογόνου, πολυ-ηλεκτρονικά άτομα, κτλ.
9. *Singh, "Semiconductor Optoelectronics"*. Προχωρημένο με σύντομη και χρήσιμη εισαγωγή σε κβαντομηχανική, αλλά οι εφαρμογές είναι για σύνθετους ημιαγωγούς.
10. *Cohen – Tannoudji, "Quantum Mechanics"*. Έχει τα πάντα στην Κβαντομηχανική με αυστηρή λογική, αλλά είναι εκτεταμένο και προχωρημένο.
11. *Sakurai, "Modern Quantum Mechanics"*. Προχωρημένο.
12. Σ. Τραχανά, 'Κβαντομηχανική I, II, III'. Εισαγωγικά βιβλία.
13. *Park, "Introduction to Quantum Mechanics"*. Εισαγωγικό βιβλίο.
14. *Gasiorowicz, Quantum Physics, (Wiley)*. Εισαγωγικό βιβλίο.
15. *R. Shankar "Principles of Quantum Mechanics, 2nd Ed."*. Εισαγωγικό