

ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

(1) ΓΕΝΙΚΑ

ΣΧΟΛΗ	Θετικών Επιστημών		
ΤΜΗΜΑ	Φυσικής		
ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΠΟΥΔΩΝ	Προπτυχιακό		
ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ	10ΥΚ501	ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ	8
ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ	ΚΒΑΝΤΙΚΗ ΟΠΤΙΚΗ & LASERS		
ΑΥΤΟΤΕΛΕΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ <i>σε περίπτωση που οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται σε διακριτά μέρη του μαθήματος π.χ. Διαλέξεις, Εργαστηριακές Ασκήσεις κ.λπ. Αν οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται ενιαία για το σύνολο του μαθήματος αναγράψτε τις εβδομαδιαίες ώρες διδασκαλίας και το σύνολο των πιστωτικών μονάδων</i>		ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΕΣ ΩΡΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ	ΠΙΣΤΩΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ
Διαλέξεις και Φροντιστήριο		4	6
Εργαστήριο		* Δείτε την ενότητα (4)	
ΤΥΠΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ <i>γενικού υποβάθρου, ειδικού υποβάθρου, ειδίκευσης γενικών γνώσεων, ανάπτυξης δεξιοτήτων</i>	Ειδίκευσης (Χονδρικά περίπου 1/2 των εξεταζόμενων προέρχονται από την Κατεύθυνση Φυσικής Συμπυκνωμένης Ύλης, 1/3 από την Κατεύθυνση Πυρηνικής Φυσικής και Στοιχειωδών Σωματιδίων και οι υπόλοιποι-ες από τις άλλες τρεις Κατευθύνσεις του Τμήματος Φυσικής ΕΚΠΑ.)		
ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ:	Όχι		
ΓΛΩΣΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ και ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ:	Ελληνική		
ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΠΡΟΣΦΕΡΕΤΑΙ ΣΕ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ERASMUS	Ναι (στην αγγλική γλώσσα, για φοιτητές Erasmus).		
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ (URL)	ιστοσελίδα η-τάξεως: https://eclass.uoa.gr/courses/PHYS107/		

(2) ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Μαθησιακά Αποτελέσματα Περιγράφονται τα μαθησιακά αποτελέσματα του μαθήματος οι συγκεκριμένες γνώσεις, δεξιότητες και ικανότητες καταλλήλου επιπέδου που θα αποκτήσουν οι φοιτητές μετά την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος. Συμβουλευτείτε το Παράρτημα Α - Περιγραφή του Επιπέδου των Μαθησιακών Αποτελεσμάτων για κάθε ένα κύκλο σπουδών σύμφωνα με το Πλαίσιο Προσόντων του Ευρωπαϊκού Χώρου Ανώτατης Εκπαίδευσης - Περιγραφικοί Δείκτες Επιπέδων 6, 7 & 8 του Ευρωπαϊκού Πλαισίου Προσόντων Διά Βίου Μάθησης και το Παράρτημα Β - Περιληπτικός Οδηγός συγγραφής Μαθησιακών Αποτελεσμάτων
Σκοπός του μαθήματος είναι οι φοιτητές και φοιτήτριες να εισαχθούν και να εμβαθύνουν στη κβαντική όψη της αλληλεπίδρασης της ηλεκτρομαγνητικής (ΗΜ) ακτινοβολίας -- κυρίως κοντά στην περιοχή του ορατού -- με την ύλη, η οποία λογίζεται ως σύνολο δισταθμικών ή πολυσταθμικών συστημάτων καθώς και να αποκτήσουν μια πρώτη επαφή με τα LASER. Με την επιτυχή παρακολούθηση και ολοκλήρωση του μαθήματος ο φοιτητής ή η φοιτήτρια: - Γνωρίζει τα πρώτα βήματα της κβαντικής οπτικής και κατανοεί πως η ακτινοβολία μέλανος σώματος και η πειραματική - θεωρητική συνέλιξη οδήγησε στη κβάντωση. Συγκρίνει τους νόμους Planck, Rayleigh-Jeans, Wien, και εξηγεί πως προκύπτει ο νόμος Stefan-Boltzmann. Αναλύει τα ΗΜ κύματα με έμφαση στις συνοριακές συνθήκες και στους κανονικούς τρόπους εντός κοιλότητας (ορθογώνια παραλληλεπίπεδη και κυλινδρική). - Εξοικειώνεται με τις έννοιες διακριτό φάσμα, Δισταθμικό Σύστημα (ΔΣ), Πολυσταθμικό Σύστημα (ΠΣ) και διάφορες πραγματώσεις τους στο άτομο, στη κβαντική τελεία, στα κέντρα χρώματος. Κατανοεί τους εξαναγκασμένους ή αυθορμήτους μηχανισμούς απορρόφησης και εκπομπής

φωτονίου στο ΔΣ.

- Αναλύει την αλληλεπίδραση ΗΜ ακτινοβολίας - ΔΣ ή ΠΣ ημικλασικά, δηλαδή, αντιμετωπίζοντας το ΔΣ ή το ΠΣ ως ένα σύστημα κβαντικών καταστάσεων, ενώ τα ΗΜ κύματα κλασικά με την προσέγγιση διπόλου. Γνωρίζει τη χρονικά εξαρτημένη θεωρία διαταραχών. Κατανοεί έννοιες όπως η συχνότητα Rabi, ο ρυθμός μεταβάσεως, η προσέγγιση στρεφόμενου κύματος, καθώς και πώς προκύπτουν οι επιτρεπόμενες μεταβάσεις και οι αντίστοιχοι κανόνες επιλογής.
- Αναλύει την αλληλεπίδραση ΗΜ ακτινοβολίας - ΔΣ ή ΠΣ κβαντικά, δηλαδή, αντιμετωπίζοντας τόσο το ΔΣ ή ΠΣ όσο και τα ΗΜ κύματα κβαντικά. Κατανοεί τη κβάντωση του ΗΜ πεδίου και έννοιες όπως σπίνορες, μεταθέτες, αντιμεταθέτες, διπολική ροπή μεταβάσεως. Μελετά σε αυτά τα πλαίσια την απορρόφηση και την εκπομπή φωτονίου. Συγκρίνει την ημικλασική με την πλήρη κβαντική θεώρηση.
- Εξοικειώνεται με το MATLAB κάνοντας γραφικές παραστάσεις των εξισώσεων που περιγράφουν τη χρονικά μεταβαλλόμενη πιθανότητα καταλήψεως των σταθμών εις την ημικλασική και την κβαντική προσέγγιση και τον πληθυσμό των φωτονίων στη κβαντική προσέγγιση.
- Κατανοεί τις αρχές λειτουργίας των LASER. Αναλύει και επιλύει τις εξισώσεις ρυθμών με δύο στάθμες LASER και δύο επικουρικές στάθμες. Εισάγεται σε έννοιες όπως χρόνος ζωής στάθμης, άντληση, κρίσιμη άντληση, αναστροφή πληθυσμού. Υπολογίζει τους πληθυσμούς των σταθμών και την πυκνότητα ακτινοβολίας στην κοιλότητα επιλύοντας αναλυτικά τις εξισώσεις ρυθμών στη στάσιμη κατάσταση και αριθμητικά συναρτήσει του χρόνου. Και σε αυτό το πλαίσιο εισάγεται στο MATLAB. Αναλύει τους διαμήκεις και εγκάρσιους τρόπους ΗΜ πεδίου σε κοιλότητα (ορθογώνια παραλληλεπίπεδη και κυλινδρική). Γνωρίζει διάφορα είδη LASER.

Αν ο χρόνος το επιτρέπει, εισάγεται σε θέματα όπως πίνακας πυκνότητας, εξισώσεις Fresnel, γωνία Brewster, ολική εσωτερική ανάκλαση, εκπομπή πολωμένης δέσμης.

Εννοείται πως όλα αυτά συνοδεύονται από την επίλυση αντιστοιχών προβλημάτων.

Γενικές Ικανότητες

Λαμβάνοντας υπόψη τις γενικές ικανότητες που πρέπει να έχει αποκτήσει ο πτυχιούχος (όπως αυτές αναγράφονται στο Παράρτημα Διπλώματος και παρατίθενται ακολούθως) σε ποια / ποιες από αυτές αποσκοπεί το μάθημα:

Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών, με τη χρήση και των απαραίτητων τεχνολογιών
Προσαρμογή σε νέες καταστάσεις
Λήψη αποφάσεων
Αυτόνομη εργασία
Ομαδική εργασία
Εργασία σε διεθνές περιβάλλον
Εργασία σε διεπιστημονικό περιβάλλον
Παράγωγη νέων ερευνητικών ιδεών

Σχεδιασμός και διαχείριση έργων
Σεβασμός στη διαφορετικότητα και στην πολυπολιτισμικότητα
Σεβασμός στο φυσικό περιβάλλον
Επίδειξη κοινωνικής, επαγγελματικής και ηθικής υπευθυνότητας και ευαισθησίας σε θέματα φύλου
Άσκηση κριτικής και αυτοκριτικής
Προαγωγή της ελεύθερης, δημιουργικής και επαγωγικής σκέψης
.....
Άλλες...
.....

Με την επιτυχή παρακολούθηση και ολοκλήρωσή του, το μάθημα αποσκοπεί στο να έχει αποκτήσει ο φοιτητής ή η φοιτήτρια τις παρακάτω ικανότητες:

Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών. Αυτόνομη εργασία. Άσκηση κριτικής και αυτοκριτικής. Προαγωγή της ελεύθερης, δημιουργικής και επαγωγικής σκέψης. Αναλυτική και συνθετική σκέψη. Κριτική σκέψη. Εξοικείωση με τις Νέες Τεχνολογίες. Εκμάθηση γλώσσας προγραμματισμού MATLAB. Επίλυση προβλημάτων. Αποτελεσματική ανταπόκριση σε προθεσμίες (5 σύνολα ασκήσεων και 3 ασκήσεις MATLAB δίνονται προς επίλυση με προθεσμίες).

(3) ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

Συνοπτικά (Syllabus)

- Μέλαν σώμα. Νόμοι Planck, Rayleigh-Jeans, Wien, Stefan-Boltzmann.
- Ηλεκτρομαγνητικά (ΗΜ) κύματα: συνοριακές συνθήκες, κανονικοί τρόποι κοιλότητας.
- Διακριτό φάσμα. Δισταθμικό σύστημα (ΔΣ) ή πολυσταθμικό σύστημα (ΠΣ) : άτομο, κβαντική τελεία, κέντρο χρώματος. Εξαναγκασμένοι - αυθόρμητοι μηχανισμοί απορρόφησης και εκπομπής.

- Αλληλεπίδραση ΗΜ ακτινοβολίας - ΔΣ ή ΠΣ, ημικλασικά. Προσέγγιση διπόλου. Χρονικά εξαρτημένη θεωρία διαταραχών. Συχνότητα Rabi. Προσέγγιση στρεφόμενου κύματος. Επιτρεπόμενες μεταβάσεις.
- Αλληλεπίδραση ΗΜ ακτινοβολίας - ΔΣ ή ΠΣ, κβαντικά. Κβάντωση ΗΜ πεδίου. Σπίνορες. Μεταθέτες. Αντιμεταθέτες. Διπολική ροπή μετάβασης. Απορρόφηση-εκπομπή φωτονίου. Πίνακας πυκνότητας.
- LASER: άντληση, αναστροφή πληθυσμών, εξισώσεις ρυθμών. Διαμήκεις, εγκάρσιοι ΗΜ τρόποι. Είδη LASER.

Περιγραφή μαθήματος

Εστιάζουμε στη κβαντική οπτική, ενώ περιγράφονται και οι αρχές λειτουργίας των LASER χωρίς όμως να επεκτεινόμαστε σε τεχνικές λεπτομέρειες. Οι ενότητες που διδάσκονται είναι κυρίως:

Εισαγωγή στην κβαντική φύση του φωτός, π.χ. μέλαν σώμα, νόμοι Planck, Rayleigh-Jeans, Wien, Stefan-Boltzmann, ΗΜ κύματα: συνοριακές συνθήκες, κανονικοί τρόποι κοιλότητας. Στοιχειώδης αριθμός κανονικών τρόπων ΗΜ πεδίου ανά στοιχειώδες διάστημα συχνότητας.

Μηχανισμοί Einstein αλληλεπιδράσεως ΗΜ ακτινοβολίας - ύλης (ΔΣ). Εξαναγκασμένες και αυθόρμητες διεργασίες απορρόφησης και εκπομπής. Εξαγωγή του νόμου Planck από τους μηχανισμούς εκπομπής και απορρόφησης και τη στατιστική Boltzmann. Σχέση συντελεστών Einstein A και B. Διακριτό φάσμα: άτομα και μόρια, κέντρα χρώματος, τεχνητά άτομα και μόρια. Κέντρα χρώματος. Κβαντικές τελείες.

Ημικλασική αντιμετώπιση της αλληλεπιδράσεως ΗΜ ακτινοβολίας - ύλης (ΔΣ ή ΠΣ). ΗΜ πεδίο: κλασικά, ΔΣ ή ΠΣ, π.χ. άτομο ή κβαντική τελεία: κβαντικά. Αδιατάρακτο σύστημα (δηλαδή χωρίς ΗΜ πεδίο). Διαταραγμένο σύστημα (δηλαδή εντός ΗΜ πεδίου). Χρονικά εξαρτημένη θεωρία διαταραχών. Διπολική Ροπή. Εξισώσεις που περιγράφουν τη χρονική εξέλιξη ΔΣ ή ΠΣ και επίλυσή τους. Συχνότητα Rabi. Προσέγγιση περιστρεφόμενου κύματος. Υπολογισμός των συντελεστών Einstein. Άτομο Υδρογόνου. Υπολογισμός των στοιχείων πίνακα της διπολικής ροπής. Επιτρεπόμενες και μη μεταβάσεις. Κανόνες επιλογής.

Κβαντική αντιμετώπιση της αλληλεπιδράσεως ΗΜ ακτινοβολίας - ύλης (ΔΣ ή ΠΣ). Κβάντωση ΗΜ πεδίου. Χαμιλτονιανή ΗΜ πεδίου με τελεστές καταστροφής και δημιουργίας φωτονίων. Χαμιλτονιανή ΔΣ ή ΠΣ με σπίνορες. Χαμιλτονιανή αλληλεπιδράσεως ΔΣ ή ΠΣ - ΗΜ πεδίου. Σχέσεις μεταθέσεως μποζονίων και αντιμεταθέσεως φερμιονίων. Αναμενόμενες τιμές μεγεθών για τις Χαμιλτονιανές Rabi και Jaynes-Cummings. Απορρόφηση και εκπομπή φωτονίου.

Βασικές αρχές λειτουργίας των LASER. Μηχανισμοί άντλησεως. Εξισώσεις ρυθμών με δύο στάθμες LASER και δύο επικουρικές στάθμες. Χρόνος ζωής στάθμης. Άντληση. Σχετικές πιθανότητες. Απώλειες ακτινοβολίας στα κάτοπτρα. Εξισώσεις ρυθμών για τους πληθυσμούς των σταθμών LASER και για την πυκνότητα ακτινοβολίας εντός της κοιλότητας. Πληθυσμοί των σταθμών και πυκνότητα ακτινοβολίας στη στάσιμη κατάσταση. Κρίσιμη άντληση. Αναστροφή πληθυσμού. Διάφορα είδη LASER. Διαμήκεις τρόποι και εγκάρσιοι τρόποι ΗΜ πεδίου σε κοιλότητα (ορθογώνια παραλληλεπίπεδη και κυλινδρική).

Άλλα θέματα όπως: Εξισώσεις Fresnel. Γωνία Brewster. Ολική εσωτερική ανάκλαση. Εκπομπή πολωμένης δέσμης. Πίνακας πυκνότητας. Θέματα σχετικά με τις ιδιότητες και τη λειτουργία των LASER.

Το μάθημα ανανεώνεται μερικώς κάθε έτος.

Λέξεις Κλειδιά: ηλεκτρομαγνητικός (ΗΜ), φωτόνιο, κβάντο φωτός, κβαντική οπτική, δισταθμικό σύστημα (ΔΣ), πολυσταθμικό σύστημα (ΠΣ), κβάντωση ΗΜ πεδίου, πίνακας πυκνότητας, ηλεκτρική διπολική ροπή μετάβασης, συχνότητα Rabi, αλληλεπίδραση ΗΜ ακτινοβολίας - ύλης, μεταθέτες, αντιμεταθέτες, μποζόνια, φερμιόνια, εξαναγκασμένοι και αυθόρμητοι μηχανισμοί Einstein, ημικλασική προσέγγιση, LASER, άντληση, αναστροφή πληθυσμών, Χαμιλτονιανή ΗΜ πεδίου με τελεστές καταστροφής και δημιουργίας φωτονίων, Χαμιλτονιανή ΔΣ ή ΠΣ με σπίνορες, Χαμιλτονιανή αλληλεπιδράσεως ΔΣ ή ΠΣ - ΗΜ πεδίου, σχέσεις μεταθέσεως μποζονίων και αντιμεταθέσεως φερμιονίων, σπίνορες, Χαμιλτονιανή Rabi, Χαμιλτονιανή Jaynes-Cummings, απορρόφηση φωτονίου, εκπομπή φωτονίου, κβαντικές τελείες, κέντρα χρώματος.

(4) ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ και ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ <i>Πρόσωπο με πρόσωπο, Εξ αποστάσεως εκπαίδευση κ.λπ.</i>	Πρόσωπο με πρόσωπο	
ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ <i>Χρήση Τ.Π.Ε. στη Διδασκαλία, στην Εργαστηριακή Εκπαίδευση, στην Επικοινωνία με τους φοιτητές</i>	Ναι Το μάθημα γίνεται κυρίως στον πίνακα (με εξαίρεση φυσικά κατά την περίοδο της πανδημίας), με ενθάρρυνση ερωτήσεων, παρατηρήσεων και αντιρρήσεων εκ μέρους των φοιτητών και φοιτητριών. Αυτή είναι εποικοδομητική διεργασία. Σπανίως χρησιμοποιείται βιντεοπροβολέας, όταν είναι απαραίτητο να προβληθεί εικόνα ή βίντεο. Υπάρχει επικοινωνία μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου με τους φοιτητές και τις φοιτήτριες. Υπάρχει και ανανεώνεται Ιστότοπος η-τάξεως: https://eclass.uoa.gr/courses/PHYS107/ Τα περισσότερα θέματα παλαιότερων εξετάσεων βρίσκονται λυμένα στην η-τάξη. Υπάρχουν βιντεοδιαλέξεις του μαθήματος στο https://delos.uoa.gr/ και διάφορες διαλέξεις στο https://www.youtube.com/@simserides Υπάρχει το βιβλίο ΚΒΑΝΤΙΚΗ ΟΠΤΙΚΗ ΚΑΙ LASERS, ελεύθερο για όλο τον κόσμο, στο Αποθετήριο Κάλλιπος: Κ. Σιμσερίδης, 2015. Κβαντική οπτική και LASERS. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Γλώσσα: Ελληνικά. Σελίδες 324. URI: http://hdl.handle.net/11419/2108 ISBN:978-960-603-073-4 ID Ευδόξου: 320166 Εκδίδεται σε λίγο το σύγγραμμα: Quantum Optics - Κβαντική Οπτική (δίγλωσσο) , C. Simserides - Κ. Σιμσερίδης, ΚΑΛΛΙΠΟΣ, 2023, Αθήνα, (ηλεκτρονικό σύγγραμμα). Δίνονται 3 ασκήσεις - εργασίες, οι οποίες πρέπει να λυθούν με τη βοήθεια αριθμητικών υπολογισμών στο MATLAB. Οπότε, για μία ώρα, εξηγή στους φοιτητές και στις φοιτήτριες, σε ομάδες, στο γραφείο μου, το τι πρέπει να γίνει, μπροστά σε υπολογιστές. Όποτε είναι εφικτό, επισκεπτόμαστε ένα ερευνητικό εργαστήριο του Τμήματος μας όπου πραγματοποιούνται οπτικές μετρήσεις με τη βοήθεια LASER σε ετεροδομές ημιαγωγών.	
ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ <i>Περιγράφονται αναλυτικά ο τρόπος και μέθοδοι διδασκαλίας. Διαλέξεις, Σεμινάρια, Εργαστηριακή Άσκηση, Άσκηση Πεδίου, Μελέτη & ανάλυση βιβλιογραφίας, Φροντιστήριο, Πρακτική (Τοποθέτηση), Κλινική Άσκηση, Καλλιτεχνικό Εργαστήριο, Διαδραστική διδασκαλία, Εκπαιδευτικές επισκέψεις, Εκπόνηση μελέτης (project), Συγγραφή εργασίας / εργασιών, Καλλιτεχνική</i>	Δραστηριότητα	Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου
	Διαλέξεις	42 ώρες
	Φροντιστήριο	10 ώρες
	Ατομική Μελέτη/ Ανάλυση βιβλιογραφίας/ προετοιμασία	90 ώρες
	Εργαστήριο *	Χρήση MATLAB. Αριθμητική επίλυση 3 ασκήσεων.

δημιουργία, κ.λπ. Αναγράφονται οι ώρες μελέτης του φοιτητή για κάθε μαθησιακή δραστηριότητα καθώς και οι ώρες μη καθοδηγούμενης μελέτης σύμφωνα με τις αρχές του ECTS		8 ώρες
	Εκπόνηση και συγγραφή εργασίας	Δίνονται στους φοιτητές και στις φοιτήτριες, προς επίλυση, για όσους-ες το επιθυμούν, μετά το πέρας κάθε κεφαλαίου, συνολικά 5 σύνολα ασκήσεων, τα οποία μετράνε έως μία μονάδα (1/10) στον τελικό βαθμό του μαθήματος.
	Εκπαιδευτικές επισκέψεις	Επίσκεψη σε ερευνητικό εργαστήριο ημιαγωγών του Τμήματος μας, όπου πραγματοποιούνται οπτικές μετρήσεις με τη βοήθεια LASER.
	Σύνολο Μαθήματος	150 ώρες
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΟΙΤΗΤΩΝ Περιγραφή της διαδικασίας αξιολόγησης Γλώσσα Αξιολόγησης, Μέθοδοι αξιολόγησης, Διαμορφωτική ή Συμπερασματική, Δοκιμασία Πολλαπλής Επιλογής, Ερωτήσεις Σύντομης Απάντησης, Ερωτήσεις Ανάπτυξης Δοκιμίων, Επίλυση Προβλημάτων, Γραπτή Εργασία, Έκθεση / Αναφορά, Προφορική Εξέταση, Δημόσια Παρουσίαση, Εργαστηριακή Εργασία, Κλινική Εξέταση Ασθενούς, Καλλιτεχνική Ερμηνεία, Άλλη / Άλλες Αναφέρονται ρητά προσδιορισμένα κριτήρια αξιολόγησης και εάν και πού είναι προσβάσιμα από τους φοιτητές.	Τελικές γραπτές εξετάσεις στην ελληνική γλώσσα με ερωτήσεις αναπτύξεως και επίλυση προβλημάτων. Εκπόνηση εργασιών: Δίνονται, προαιρετικά, προς επίλυση, μετά το πέρας κάθε κεφαλαίου, συνολικά πέντε σύνολα ασκήσεων, τα οποία μετράνε έως μία μονάδα (1/10) στον τελικό βαθμό του μαθήματος. Επίσης, αριθμητική επίλυση 3 ασκήσεων στο MATLAB.	

(5) ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Προτεινόμενη Βιβλιογραφία: (τίτλος, συγγραφέας, εκδοτικός οίκος, έτος, τόπος, κωδικός Ευδόξου)

0. Εκδίδεται σε λίγο το σύγγραμμα: Quantum Optics - Κβαντική Οπτική (δίγλωσσο) , C. Simserides - K. Σιμσερίδης, ΚΑΛΛΙΠΟΣ, 2023, Αθήνα, (ηλεκτρονικό σύγγραμμα).

- Κβαντική Οπτική και Lasers, Κ. Σιμσερίδης, ΚΑΛΛΙΠΟΣ, 2015, Αθήνα, 320166 (ηλεκτρονικό σύγγραμμα).
- Κβαντική Οπτική, Μ. Fox, ΙΤΕ Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 2014, Ηράκλειο Κρήτης, 32998376
- Εισαγωγή στη Κβαντική Οπτική και Lasers, Σ. Βες, Εκδόσεις Σ. Γιαχούδης & ΣΙΑ Ο.Ε, 1999, Θεσσαλονίκη, 8762
- Principles of Lasers (electronic resource), O. Svelto, HEAL-LINK, 2010, 73250879 (ηλεκτρονικό σύγγραμμα)
- Αρχές των Lasers, O. Svelto, Εκδόσεις Σ. Αθανασόπουλος & ΣΙΑ Ο.Ε., 1986, Αθήνα, 45477
- Laser, Π. Περσεφόνης, Εκδόσεις Π. Δενερτζής, 2010, Αθήνα, 27120

- Συναφή επιστημονικά περιοδικά: Υπάρχουν πάρα πολλά για να αναφερθούν εδώ διότι η κβαντική οπτική και τα LASERs βρίσκονται στην αιχμή της επιστήμης σήμερα, τόσο στην περιοχή της οπτικής όσο και στην περιοχή της φυσικής συμπεκνωμένης ύλης και σε πάρα πολλές διεπιστημονικές εφαρμογές.