Πρόγραμμα Προπτυχιακών Σπουδών (ΠΠΣ) για το τμήμα Φυσικής Ακαδημαϊκό έτος: 2020-2021

Ειδίκευση:

Θεωρητική, Υπολογιστική Φυσική και Αστροφυσική

(Theoretical, Computational Physics, Astrophysics)

Μαθήματα

- **5 υποχρεωτικά κατεύθυνσης**

- 1. Αστροφυσική Ι (χειμερινό)
- 2. Υπολογιστική Φυσική (χειμερινό)
- 3. Πυρηνική Φυσική και Φυσική Στοιχειωδών Σωματίων (χειμερινό)
- 4. Κοσμολογία (εαρινό)
- 5. Μοντέρνα Φυσική (εαρινό)

Μαθήματα

Μαθήματα επιλογής

Χειμερινό εξάμηνο

1. Δυναμικά Συστήματα & Πολυπλοκότητα
2. Ειδικά Θέματα Κβαντομηχανικής και Εφαρμογών Κβαντικής Φυσικής
3. Ειδικά Θέματα Πιθανοτήτων και Στατιστικής
4. Εργαστηριακή Αστρονομία

Εαρινό εξάμηνο

1. Γενική Θεωρία της Σχετικότητας
2. Αστροφυσική ΙΙ
3. Ειδικά Θέματα Φυσικής Στοιχειωδών Σωματιδίων και Πεδίων
4. Ειδικά Θέματα Μηχανικής
5. Εργαστηριακή Αστροφυσική

Υποχρεωτικά κατεύθυνσης

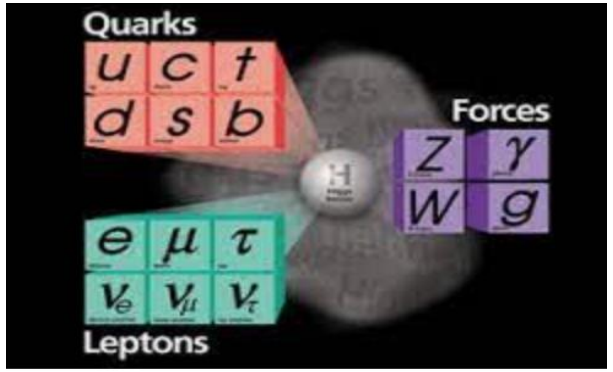
Αστροφυσική Ι : 7ο Εξάμηνο

Γραπτή εξέταση στο τέλος του εξαμήνου.

Αστρικές Ατμόσφαιρες.
Νόμοι στη Θερμοδυναμική Ισορροπία. Χαρακτηριστικά μεγέθη πεδίου ακτινοβολίας – Αλληλεπίδραση ακτινοβολίας-ύλης . Διάδοση της ακτινοβολίας. Εξισώσεις Boltzman, Saha- Θεωρία φασματικών γραμμών. Διαπλάτυνση. Αστρικές μάζες. Συνάρτηση μάζας -Διπλοί αστέρες.

Εσωτερικό των αστέρων.
Εξισώσεις Αστρικής Δομής.
Αστρική εξέλιξη.
Ο Ήλιος ως τυπικός αστέρας.
Μαγνητικά φαινόμενα στον Ήλιο

Πυρηνική Φυσική και Φυσική Στοιχειωδών Σωματιδίων (7ο εξάμηνο)



1) ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ (συνέχεια/εμβάθυνση από 4ο εξάμηνο)

- Βασικές ιδιότητες πυρήνα και πυρηνικής δύναμης.
- Μέγεθος, μάζα και δομή πυρήνων. Σκέδαση Rutherford.
- Μοντέλο Υγρής Σταγόνας. Μοντέλο φλοιών. Μαγικοί αριθμοί.
- Ακτινοβολίες α, β, γ. Πυρηνικές αντιδράσεις.
- Σχάση. Σύντηξη. Εφαρμογές.

2) ΦΥΣΙΚΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΩΝ ΣΩΜΑΤΙΩΝ (συνέχεια/εμβάθυνση από 4ο εξάμηνο)

- Φορείς αλληλεπιδράσεων.
- Καθιερωμένο Πρότυπο σωματιδιακής φυσικής.
- Διασπάσεις, σκεδάσεις και διατήρηση τετραορμής.
- Συμμετρίες και νόμοι διατήρησης. Διαγράμματα Feynman.
- Συντονισμοί. Μοντέλο παρτονίων και ισχυρή αλληλεπίδραση.

Υπολογιστική Φυσική

Επιδιωκόμενα μαθησιακά αποτελέσματα: γνωριμία με τις αριθμητικές μεθόδους, διαπίστωση ότι τα προβλήματα της φυσικής λύνονται στην συντριπτική πλειονότητά τους με αυτές, εξοικείωση με τη διαδικασία σύνθεσης λογισμικών πακέτων Matlab (και Fortran που ανευρίσκονται σε βιβλιοθήκες ελεύθερου λογισμικού του διαδικτύου) με στόχο την επίλυση προβλημάτων φυσικής.

Παρατήρηση: οι παραδόσεις του μαθήματος με άμεση εφαρμογή της ύλης σε αντίστοιχες υποχρεωτικές εργαστηριακές ασκήσεις καθώς και η εξέταση του μαθήματος γίνονται στο Υπολογιστικό Κέντρο του Τμήματος.

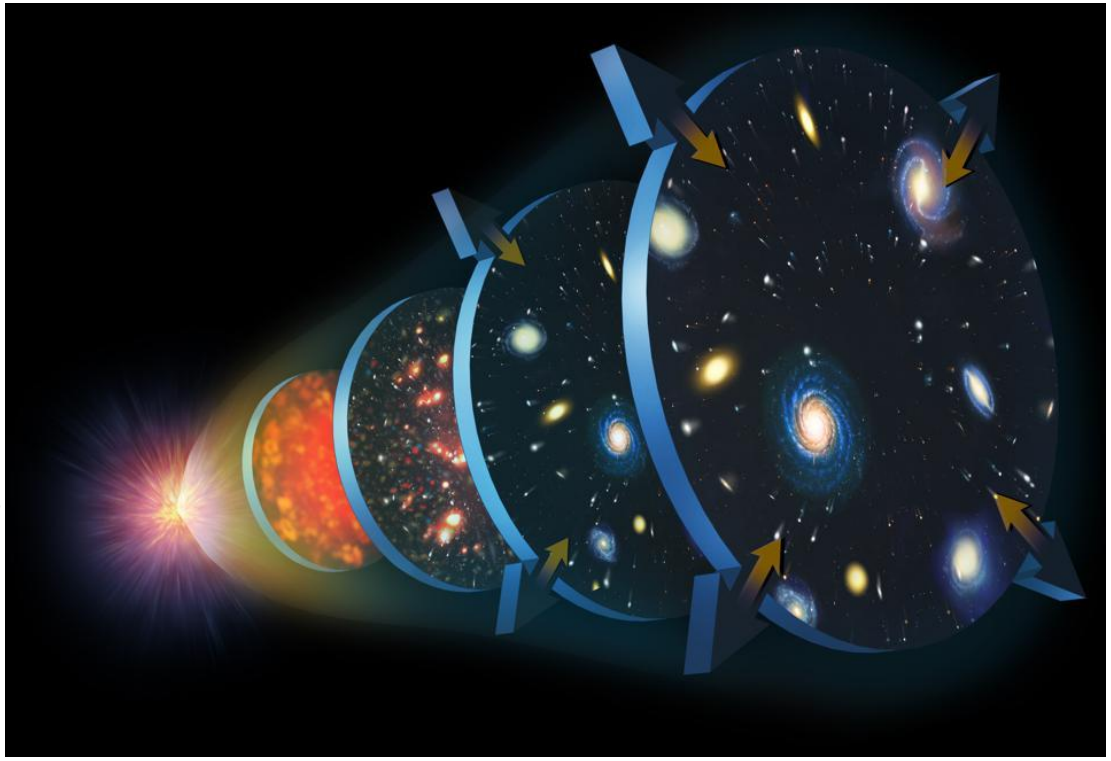
Ύλη: καλύπτεται η τυπική ύλη της αριθμητικής ανάλυσης**:** ρίζες εξισώσεων, παρεμβολή-προεκβολή, παραγώγιση-ολοκλήρωση, διαφορικές εξισώσεις, βελτιστοποίηση-μοντελοποίηση-προσομοίωση (επειδή η αριθμητική ανάλυση δεν είναι ενταγμένη στον κορμό των μαθηματικών που διδάσκονται στο προπτυχιακό πρόγραμμα). Γίνεται εφαρμογή σε επίλυση προβλημάτων φυσικής.

Ενδεικτικές θεματικές περιοχές για διπλωματικές εργασίες:

- εμβάθυνση σε αριθμητικές μεθόδους (π.χ., επίλυση διαφορικών εξισώσεων),
- αλγόριθμοι ακρίβειας πάρα πολλών δεκαδικών ψηφίων,
- αλγόριθμοι παράλληλου προγραμματισμού,
- εφαρμογές στη φυσική.

Κοσμολογία
8ο Εξάμηνο, Γραπτή εξέταση στο τέλος του εξαμήνου

- Διαστολή του Σύμπαντος.
- Θερμική Εξέλιξη του Σύμπαντος.
- Σχηματισμός Σωματιδίων.
- Καθιερωμένο Πρότυπο της Κοσμολογίας.
- Κοσμολογικές Παρατηρήσεις.
- Κοσμολογικός Πληθωρισμός.

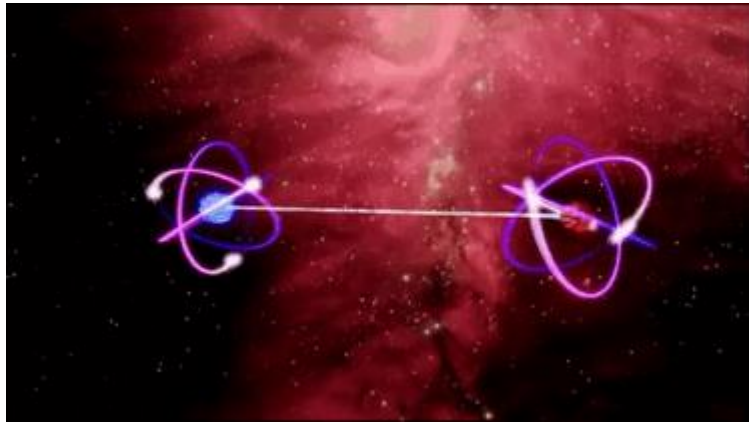


Μοντέρνα Φυσική

Περιεχόμενα

- Κβαντικό ηλεκτρομαγνητικό πεδίο, ιδιότητες και αλληλεπίδραση με άτομα
- Βασικές αρχές κβαντικής πληροφορίας και υπολογισμού
- Εναγκαλισμός και ανισότητες Μπελ
- Κβαντικά συστήματα πολλών σωματιδίων και εφαρμογές

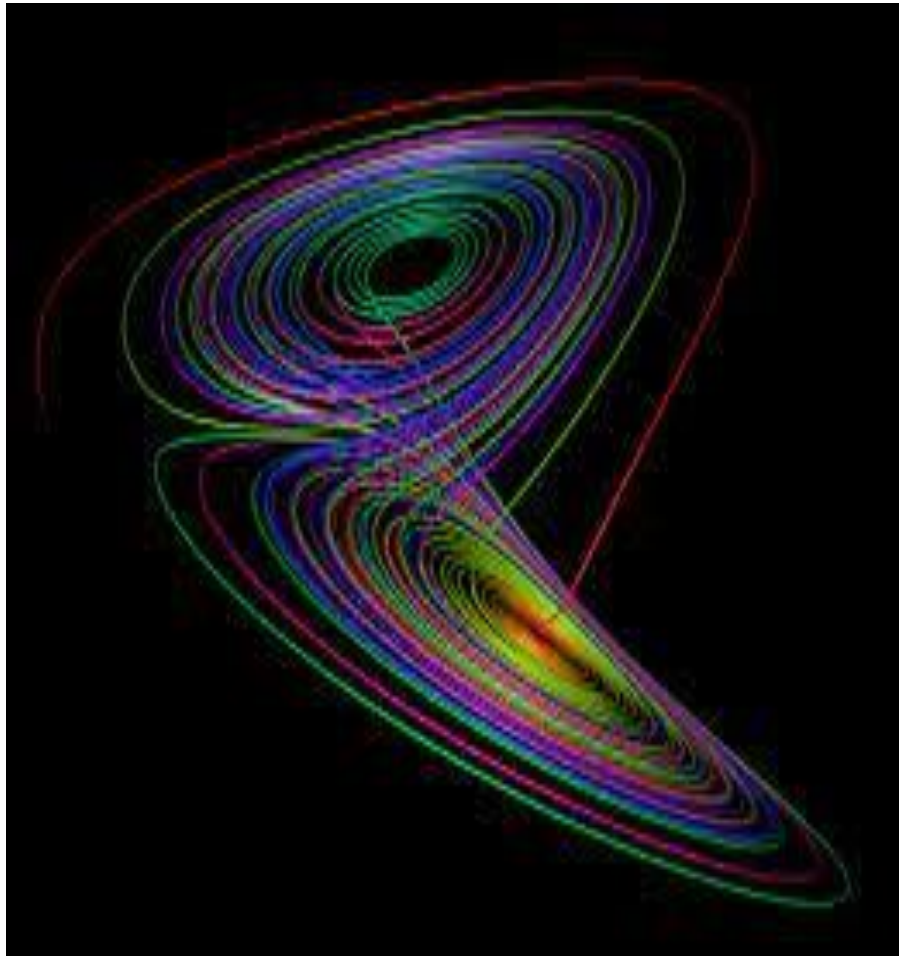
Υποχρεωτικές Εργασίες και εξέταση στο τέλος του εξαμήνου



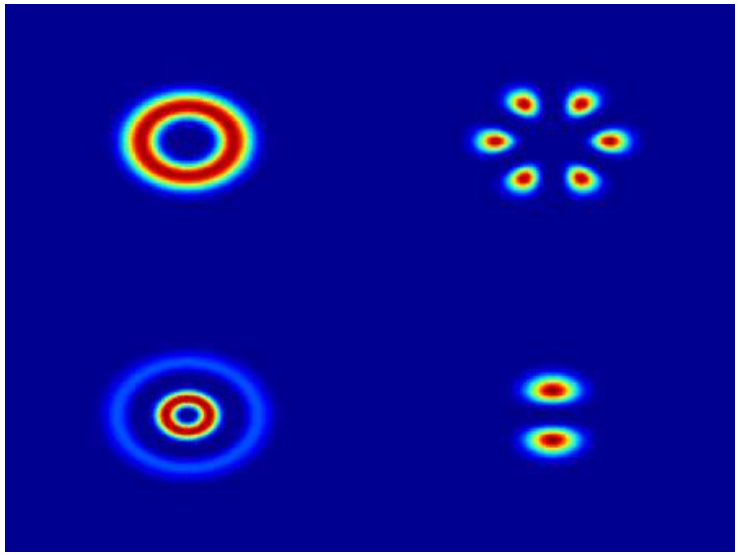
Επιλογές

Δυναμικά Συστήματα & Πολυπλοκότητα

1. Εισαγωγή στα Δυναμικά Συστήματα
2. Αυτόνομα Συστήματα στο επίπεδο
3. Μη αυτόνομα Συστήματα στο επίπεδο
4. Αυτόνομα Συστήματα τριών διαστάσεων και Χάος
5. Διακριτά Δυναμικά Συστήματα
6. Πολυπλοκότητα



Ειδικά Θέματα Κβαντομηχανικής και Εφαρμογών Κβαντικής Φυσικής



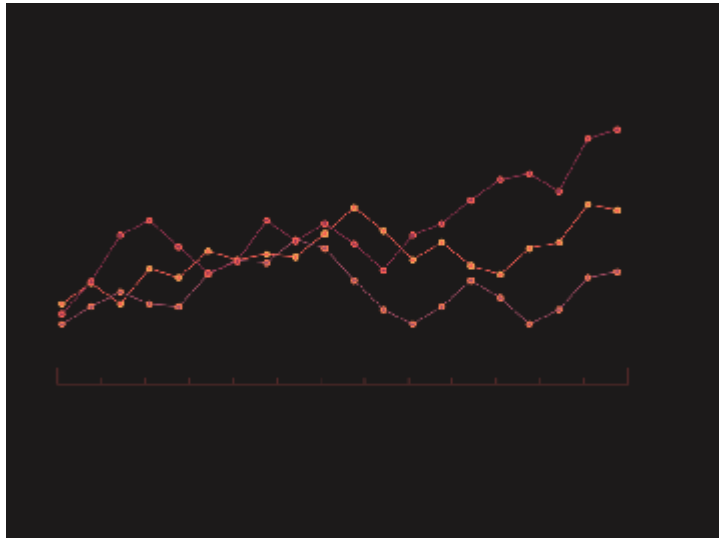
Περιεχόμενα

- Συμμετρίες στην Κβαντική Φυσική και θεωρία ομάδων
- Κβαντικά σχετικιστικά συστήματα
- Θεωρία σκέδασης
- Κβαντικές διασπάσεις ασταθών συστημάτων

Υποχρεωτικές Εργασίες και εξέταση στο τέλος του εξαμήνου

Ειδικά Θέματα Πιθανοτήτων και Στατιστικής

1. Οριακά θεωρήματα
2. Προσομοίωση τυχαίων μεταβλητών
3. Στοχαστικές διαδικασίες
4. Θεωρία πληροφορίας
5. Έλεγχοι υποθέσεων
6. Ανάλυση διασποράς
7. Χρονοσειρές και μέθοδοι πρόβλεψης
8. Ελεγχος ποιότητας

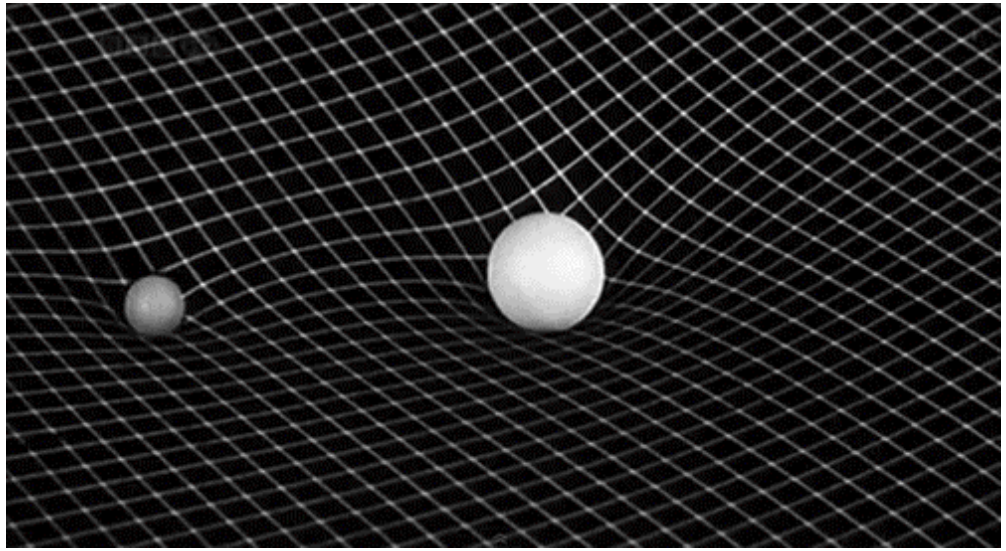


Εργαστηριακή Αστρονομία (7 Ε) Ε-Π Χριστοπούλου

- Φάσεις της Σελήνης
- Συστήματα συντεταγμένων και εποχές
- Το οριζόντιο σύστημα συντεταγμένων και η περιστροφή του ουρανού
- Οι κινήσεις του Ήλιου
- Οι τροχιές των πλανητών
- Μοντέλα του Ηλιακού συστήματος-
- Ροή ηλιακής ενέργειας. Περιστροφή του Ήλιου. Εύρεση περιόδου περιστροφής με βάση τις ηλιακές κηλίδες (CLEA) Περιστροφή του Ήλιου και ηλιακές κηλίδες
- Στοιχεία Τηλεσκοπίων. Ανάλυση αστρονομικών εικόνων με το MaxIM DL.Στοιχεία CCD κάμερας. Απεικόνιση με σύνθεση τριών χρωμάτων
- Ουρανογραφία (Παρατηρήσεις με τα τηλεσκόπια του Αστεροσκοπείου του Πανεπιστημίου-νυχτερινά εργαστήρια).

Γενική Θεωρία της Σχετικότητας

1. Τανυστική ανάλυση
2. Καμπύλο χωροχρονικό συνεχές
3. Γεωμετρική θεωρία της βαρύτητας
4. Βαρυτική ακτινοβολία
5. Σχετικιστικοί αστέρες
6. Βαρυτική κατάρρευση και μαύρες τρύπες
7. Κοσμολογικά μοντέλα

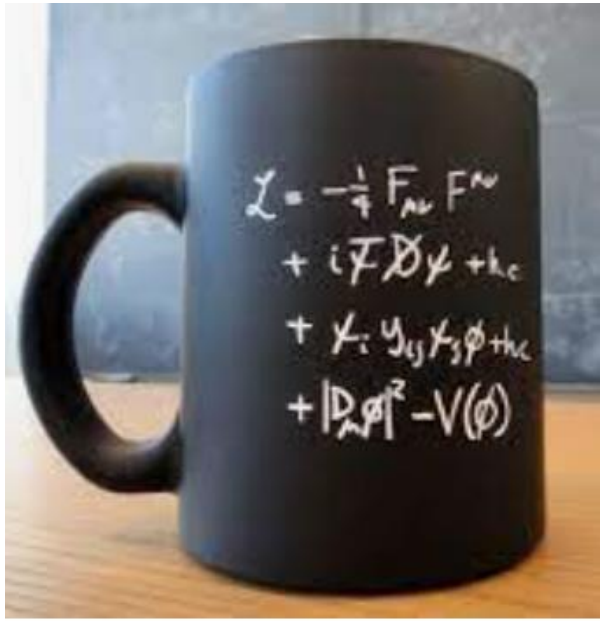


Αστροφυσική ΙΙ (Ε-Π Χριστοπούλου)

(3 τέστ ή/και γραπτή εξέταση στο τέλος εξαμήνου)

- **ιδιόμορφοι και εξωτικοί αστέρες**: Περιοδικοί μεταβλητοί. Θεωρία των αναπλάσεων. Υπέρυθροι αστέρες. Αστέρες μετά κελυφών. Περιστροφή αστέρων. Μαγνητικοί αστέρες. Καινοφανείς (Novae). Υπερκαινοφανείς (Supernovae). Λευκοί Νάνοι. Αστέρες Νετρονίων. Παλμικοί αστέρες (pulsars). Μελανές οπές. Διπλοί αστέρες εκπομπής ακτίνων Χ.
- **Μεσοαστρική Υλη και Κοσμικά Μαγνητικά Πεδία:**
- Περιοχές ιονισμένου Υδρογόνου (HII). Συμπλέγματα μοριακών νεφών και περιοχών HII.
- Μεσοαστρική σκόνη. Πλανητικά νεφελώματα. Υπολείμματα υπερκαινοφανών (SNR). Μεσοαστρικά μαγνητικά πεδία. Κοσμική ακτινοβολία.

Ειδικά Θέματα Φυσικής Στοιχειωδών Σωματιδίων και Πεδίων (8ο εξάμηνο)



- Βαθμωτά, φερμιονικά και διανυσματικά πεδία και οι μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις.
- Εξισώσεις Klein-Gordon, Dirac, Maxwell, Proca *(για βαθμωτά, φερμιονικά και ανυσματικά πεδία)*
- Χωροχρονικές συμμετρίες, θεώρημα Noether, διατηρούμενα ρεύματα και φορτία στη Θεωρία Πεδίου.
- Αβελιανές και μη Αβελιανές θεωρίες βαθμίδας.
- Σπάσιμο συμμετριών βαθμίδας, μηχανισμός Higgs.
- Καθιερωμένο Πρότυπο Σωματιδιακής Φυσικής και Ηλεκτροασθενής Ενοποίηση.

Ειδικά Θέματα Μηχανικής

Α ΜΕΡΟΣ. Μηχανική του Συνεχούς Μέσου

1. Εισαγωγή και βασικές έννοιες

2. Κινηματική συνεχούς μέσου

3. Δυναμική συνεχούς μέσου

4. Γραμμικό ελαστικό σώμα.

5. Ιδανικό ρευστό.

6. Νευτώνειο ρευστό.

Β ΜΕΡΟΣ.

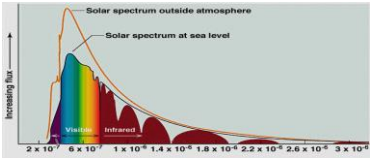
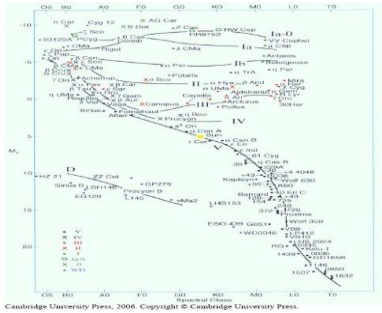
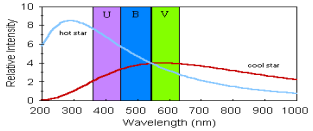
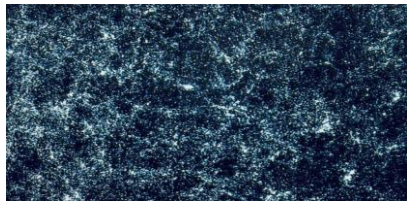
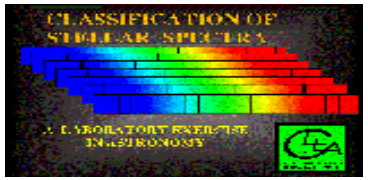
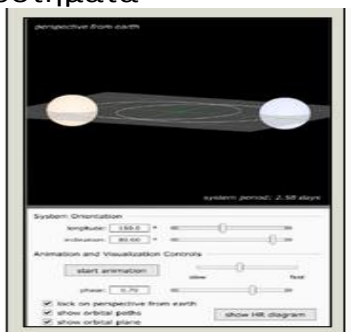
1. Κινηματική και δυναμική του στερεού σώματος.

2. Μικρές Ταλαντώσεις. Ευστάθεια.

3. Λογισμός των μεταβολών – Αρχή του Hamilton.

4. Κανονικοί μετασχηματισμοί – Εξίσωση Hamilton-Jacobi.

Εργαστηριακή Αστροφυσική (8 Ε) Ε-Π Χριστοπούλου

Ασκήσεις		
 Συνεχές φάσμα αστέρα, Υπολογισμός Φωτεινότητας, θερμοκρασίας και ακτίνας αστέρα.	Διάγραμμα HR 	 Νόμος του Hubble. Ηλικία Σύμπαντος. Αποστάσεις γαλαξιών.
UBV Passbands  Φωτομετρικό σύστημα UBV- Υπολογισμός δεικτών χρώματος B-V	Φωτομετρία των Πλειάδων. Απόσταση και ηλικία αστρικών σμηνών 	Η δομή του Σύμπαντος σε μεγάλη κλίμακα 
 Φασματικοί τύποι αστέρων.	Διπλά εκλειπτικά συστήματα 	Αστεροσκοπείο Μυθωδία Παρατήρηση νυχτερινού ουρανού .

Διπλωματικές εργασίες

Διπλωματικές εργασίες

Ενδεικτικά Θέματα διπλωματικών από τον κ. Αναστόπουλο:

1. Θερμοδυναμική μελανών οπών και φαινόμενο Hawking.
2. Θεμελίωση της κβαντικής θεωρίας πεδίου.
3. Κβαντικοί πόροι και εναγκαλισμός στη θεωρία κβαντικής πληροφορίας.
4. Πειράματα θεμελιώδους φυσικής στο διάστημα.
5. Κβαντική βαρύτητα.

Διπλωματικές εργασίες

- Ενδεικτικά Θέματα διπλωματικών από τον κ. Γουργουλιάτο

1. Μελέτη αστέρων νετρονίων – λευκών νάνων (μαγνητική, θερμική και περιστροφική εξέλιξη).
2. Αστροφυσικοί πίδακες – δίσκοι – κοιλότητες (θεωρητική και αριθμητική προσέγγιση).

Διπλωματικές εργασίες

- Ενδεικτικά Θέματα διπλωματικών από τον κ. Λουκόπουλο

➢ Θεωρητική Μηχανική των Ρευστών.
➢ Φυσική και Μαθηματική Μοντελοποίηση των Ρευστών.
Μαγνητορευστομηχανική, Νανορευστά, Μικροπολικά Ρευστά,
Μαγνητικά Ρευστά, Εμβιορευστομηχανική.
Εφαρμογές στην Ιατρική Φυσική, Ενέργεια, Νέα Υλικά, Αστροφυσική.
➢ Προσομοιώσεις Φυσικών Συστημάτων και Υπολογιστικές Μέθοδοι στη Φυσική.
➢ Μελέτη ευστάθειας Δυναμικών Συστημάτων και πρόβλεψη της εξέλιξης τους.

Διπλωματικές εργασίες

- Ενδεικτικά Θέματα διπλωματικών από την κ. Λώλα (σε εξέλιξη)

1) Μηχανισμός Higgs και μάζες στοιχειωδών σωματιδίων

2) Επεκτάσεις Καθιερωμένου Προτύπου σωματιδιακής φυσικής με σύνθετα λεπτόνια και κουάρκ

3) Μελέτη υποβάθρου ατμοσφαιρικών μιονίων στο KM3NeT
(συνεπίβλεψη με κ. Τζαμαριουδάκη, ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος)

Διπλωματικές εργασίες

- Ενδεικτικά Θέματα διπλωματικών από την κ. Χριστοπούλου

Φωτομετρία πολλαπλών αστρικών συστημάτων εκλειπτικών και κατακλυσμιαίων μεταβλητών αστέρων στο οπτικό μέρος του φάσματος. Μοντελοποίηση και μελέτη περιόδου.

Ανακάλυψη νέων μεταβλητών

Ανίχνευση Εξωπλανητών (DWARF project)

Υποστήριξη παρατηρήσεων από διαστημικές αποστολές ή από μεγάλα γήινα τηλεσκόπια (KEPLER, ASAS, OGLE, TESS, CSS)

- Ανάπτυξη νευρωνικού δικτύου κατά το πρότυπο EBAI Eclipsing Binaries via Artificial Intelligence

- Επεξεργασία εικόνας