

# Ροή Φ: Φυσική

## 6° Εξάμηνο

- Φυσική Συμπυκνωμένης Ύλης και Εργαστήριο
- Φυσική και Τεχνολογία των Λείζερ

## 7° Εξάμηνο

- Κβαντομηχανική-II
- Μη-γραμμική Δυναμική Συστημάτων και Ταλαντώσεις
- Οπτοηλεκτρονική
- Πυρηνική Φυσική και Στοιχειώδη Σωματίδια

## 8° Εξάμηνο

- Εισαγωγή στη Φυσική και την Τεχνολογία της Ελεγχόμενης Θερμοπυρηνικής Σύντηξης

## 9° Εξάμηνο

- Νέα Τεχνολογικά Υλικά
- Πολύπλοκη Δυναμική Χαμιλτονιανών Συστημάτων & Εφαρμογές
- Φυσική Πολλών Σωμάτων και Κβαντικοί Υπολογιστές

# Φυσική Συμπυκνωμένης Ύλης και Εργαστήριο

[Διδάσκοντες: Β. Γιαννόπαπας, Ι. Ράπτης]

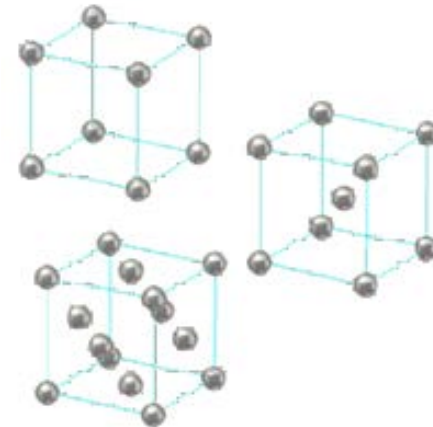
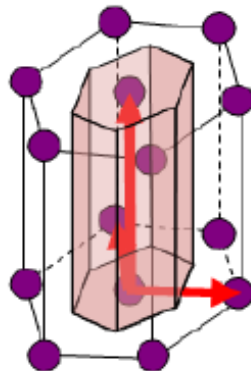
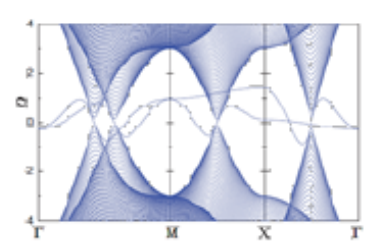
**Κρυσταλλικά πλέγματα:** Περίθλαση ακτινοβολίας από κρυστάλλους.

**Κίνηση ηλεκτρονίων σε περιοδικό δυναμικό:** Κύματα Bloch. Σχέσεις διασποράς και πυκνότητα καταστάσεων.

**Ταλαντώσεις πλέγματος:** Ακουστικά Οπτικά Φωνόνια. Σχέσεις διασποράς. Θερμικές Ιδιότητες.

**Ημιαγωγοί:** Δομή και ηλεκτρονικές ιδιότητες Ρεύμα διάχυσης, ρεύμα ολίσθησης και δυναμικό επαφής

[Το μάθημα περιλαμβάνει 4 Εργαστηριακές Ασκήσεις με συμμετοχή 25% στη βαθμολογία (Γραπτή Εξέταση 75%)]



# Κβαντομηχανική-II [Διδάσκων: Λ. Τσέτσερης]

**Βασικές αρχές Αναλυτικής Μηχανικής:** Λαγκρανζιανός και Χαμιλτονιανός φορμαλισμός

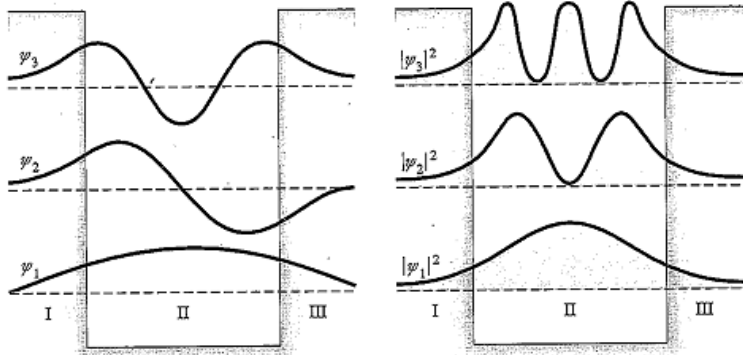
**Εισαγωγή στην Κβαντομηχανική:** Γενικές Αρχές, Γενικευμένες Σχέσεις Αβεβαιότητας, Συμμετρίες, Φορμαλισμός Dirac.

**Πηγάδια δυναμικού:** Αρμονικός Ταλαντωτής, τελεστές δημιουργίας και καταστροφής.

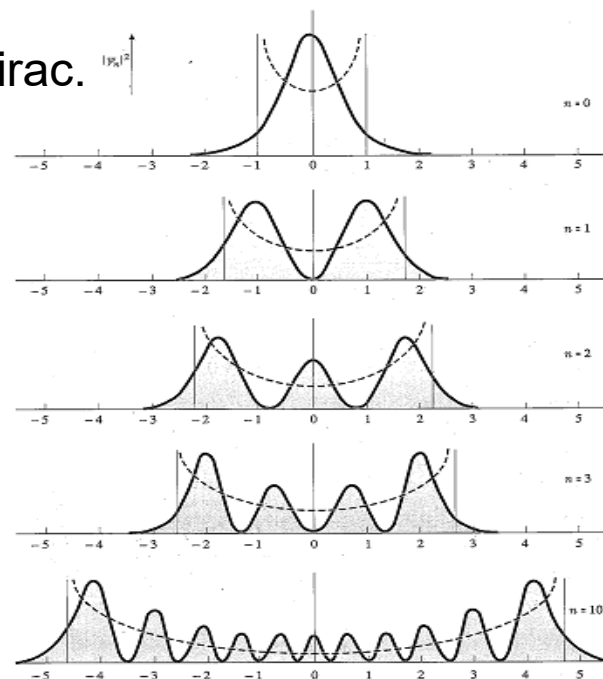
**Στροφορμή.** Σφαιρικές αρμονικές. Άτομο του Υδρογόνου. Ενεργειακό φάσμα. Spin.

**Θεωρία Διαταραχών. Μέθοδος των μεταβολών.**

**Στοιχεία Σχετικιστικής Κβαντομηχανικής.** Εξίσωση Dirac.



**Κβαντικά πηγάδια υλοποιήσιμα σε δομές χαμηλών διαστάσεων**



**Κυματοσυναρτήσεις κβαντικού αρμονικού ταλαντωτή**

# Φυσική Πολλών Σωμάτων και Κβαντικοί Υπολογιστές

[Διδάσκων: Γ. Βαρελογιάννης]

**Φορμαλισμός Δεύτερης Κβάντωσης:** Ολοκληρώματα διαδρομής. Συμμετρίες και Σπάσιμο Συμμετριών.

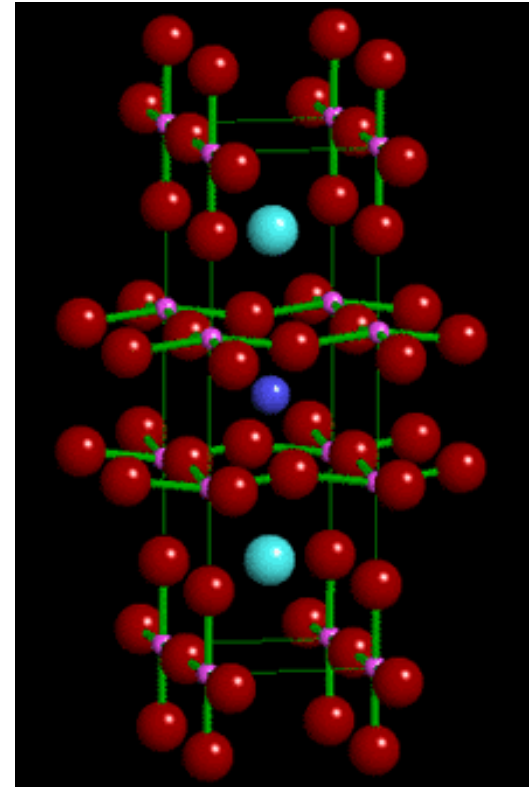
**Ισχυρά συσχετισμένα φερμιόνια:** Υγρό Fermi, Συλλογικές διεγέρσεις. Κύματα πυκνότητας σπίν και φορτίου, Απεντοπισμένος σιδηρομαγνητισμός.

**Μακροσκοπικές Κβαντικές Καταστάσεις:** Υπεραγωγιμότητα, Μη συμβατική Υπεραγωγιμότητα, Συλλογικές διεγέρσεις υπεραγωγών.

**Πολύπλοκες Κβαντικές Καταστάσεις τάξεως της Ύλης:** Ανομοιογενής υπεραγωγιμότητα, ισχυρή σκέδαση με ατέλειες, μη συμβατικές μαγνητικές καταστάσεις τάξεως και καταστάσεις τάξεως φορτίου. Συνύπαρξη και ανταγωνισμός κβαντικών καταστάσεων τάξεως.

**Εφαρμογή στους Κβαντικούς Υπολογιστές:** Βασικές έννοιες κβαντικών υπολογιστών, κβαντικά μπιτ, πύλες, και βασικά κβαντικά υπολογιστικά κυκλώματα. Υπεραγωγή κβαντικά μπιτ, κβαντικός εναγκαλισμός υπεραγωγίων κβαντικών μπιτ. Πραγματοποίηση κβαντικών πυλών.

**Τοπολογικοί Κβαντικοί Υπολογιστές:** Εισαγωγή στις τοπολογικές καταστάσεις τάξεως, Κβαντικός εναγκαλισμός στις τοπολογικές καταστάσεις τάξεως. Τοπολογικοί υπεραγωγοί και Φερμιόνια Majorana.



# Μη-Γραμμική Δυναμική Συστημάτων και Ταλαντώσεις

[Διδάσκων: Γ. Κορίνης]

Το μάθημα αποτελεί μια εισαγωγή στην **πολύπλοκη δυναμική των μη-γραμμικών εξελικτικών συστημάτων**. Ως εξελικτικό σύστημα αντιμετωπίζεται οποιοδήποτε φυσικό ή τεχνολογικό σύστημα παρουσιάζει εξέλιξη ως προς τον χρόνο ή ως προς οποιαδήποτε άλλη μεταβλητή (π.χ. η εξέλιξη ενός κύματος ως προς την απόσταση διάδοσής του).

## Χαρακτηριστικά:

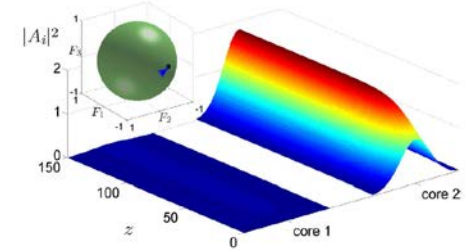
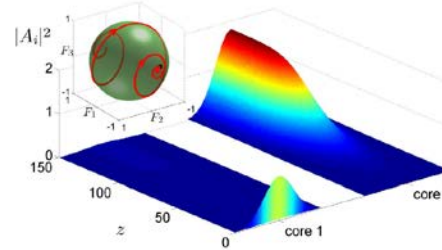
- ευαίσθητη εξάρτηση από τις αρχικές συνθήκες,
- πολυ-στάθεια (multi-stability),
- εμφάνιση αιτιοκρατικού χάους.

Ταυτόχρονα, εμφανίζουν **εύρωστη ταλαντωτική συμπεριφορά**

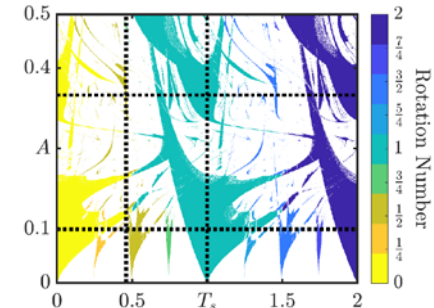
ελεγχόμενου φασματικού περιεχομένου που αποτελεί την βάση για χρήση τους σε **τεχνολογικές εφαρμογές:**

- μηχανικών συστημάτων,
- βιολογικών συστημάτων,
- μη-γραμμικών ηλεκτρονικών κυκλωμάτων,
- οπτικών ταλαντωτών (lasers).

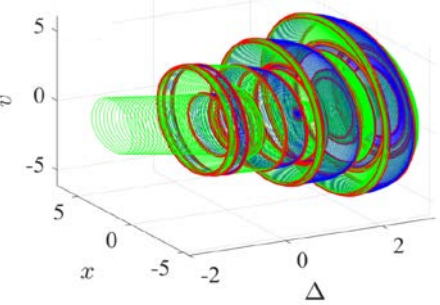
## Κατευθυνόμενη και μη-αμφίδρομη μεταφορά ενέργειας σε συζευγμένους κυματοδηγούς



## Συγχρονισμός συζευγμένων laser



## Οπτο-μηχανικοί ταλαντωτές



# Πολύπλοκη Δυναμική Χαμιλτονιανών Συστημάτων και Εφαρμογές

[Διδάσκων: Γ. Κορίνης]

Η Αναλυτική Δυναμική αποτελεί **βασικό μάθημα Φυσικής** (συχνά με τον τίτλο Θεωρητική Μηχανική), λόγω της χρήσης τόσο των εννοιών όσο και των μεθόδων της σε θεωρητικά αλλά και εφαρμοσμένα προβλήματα.

Η θεμελίωση της δυναμικής διακριτών ή συνεχών συστημάτων με βάση **μεταβολικές αρχές** αποτελεί χαρακτηριστικό πολλών φυσικών θεωριών και η Αναλυτική Δυναμική αποτελεί το πρώτο σημείο εξοικείωσης με αυτές.

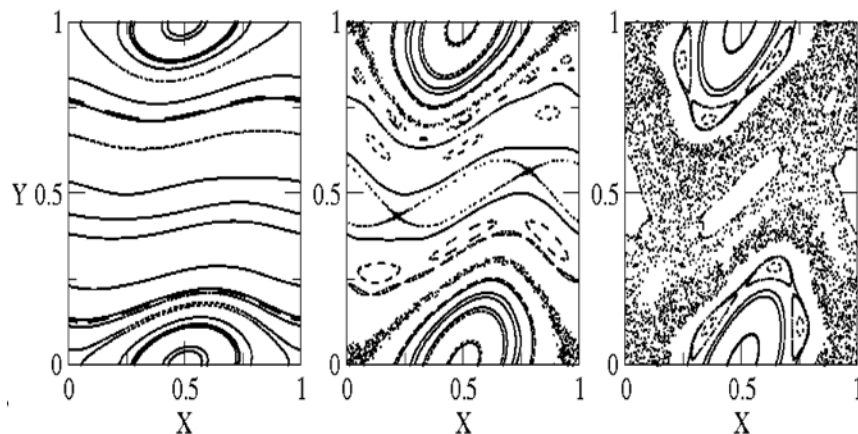
**Γενίκευση εννοιών της μηχανικής σε μη-μηχανικά (π.χ. ηλεκτρομαγνητικά, οπτικά) συστήματα.**

Η Αναλυτική Μηχανική αποτελεί σημείο φορμαλιστικής σύνδεσης της Κλασσικής με την **Κβαντική Μηχανική**.

Ο φορμαλισμός της Αναλυτικής Δυναμικής παρέχει τα απαραίτητα μαθηματικά εργαλεία για την ποιοτική και αναλυτική μελέτη **Μη-Γραμμικών και Μη-Ολοκληρώσιμων Δυναμικών Συστημάτων που εμφανίζουν Πολύπλοκη και Χαστική συμπεριφορά.**

Τα παραπάνω καθιστούν την Αναλυτική Δυναμική βασικό εργαλείο της **Θεωρίας Δυναμικών Συστημάτων.**

**Δυναμική Φορτισμένων Σωματιδίων σε ΗΜ πεδία (Ομαλή → Χαστική)**



# Φυσική και Τεχνολογία των LASERS [Διδάσκων: Α. Παπαγιάννης]

Ώρες Θεωρίας - Ώρες Εργαστηρίου: 4 – 2

**Η ιδέα του laser:** Αυθόρμητη και εξαναγκασμένη εκπομπή.

**Αντλητικές διεργασίες, Συνθήκες λειτουργίας laser:** Οπτική άντληση. Ηλεκτρική άντληση. Χημική άντληση κ.λπ..

**Παθητικά οπτικά αντηχεία.** Συνθήκη λειτουργίας laser.

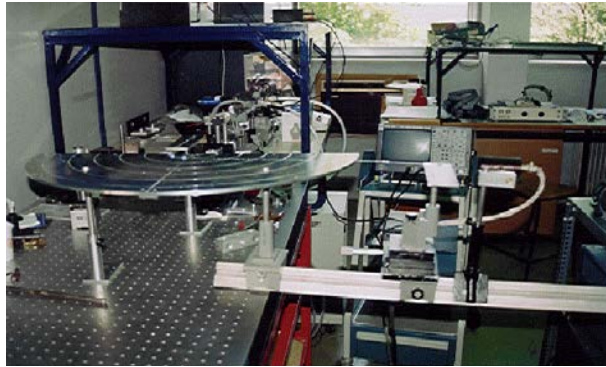
**Εξισώσεις ρυθμών μετάβασης.** Ρυθμοί ταλάντωσης laser. Λειτουργία μονού ρυθμού. Συμπεριφορά laser συνεχούς κύματος. Εγκλείδωση ρυθμών.

**Τύποι laser:** Laser στερεάς κατάστασης, Laser αερίων: Laser χρωστικών, Χημικά laser. Laser ημιαγωγών, Laser χρωματικών κέντρων. Laser ελεύθερων ηλεκτρονίων, Laser οπτικών ινών.

Συνεχή laser (c.w.), Παλμικά laser (ms,  $\mu$ s-ns-fs). Μετασχηματισμός δεσμών laser, Κυκλώματα οδήγησης. Διάδοση Gaussian δέσμης.

**Εφαρμογές των laser** σε φυσική, χημεία, βιολογία, ιατρική, επεξεργασία και καταγραφή πληροφοριών, περιβάλλον (ατμοσφαιρική οπτική, ανίχνευση ρυπαντών)

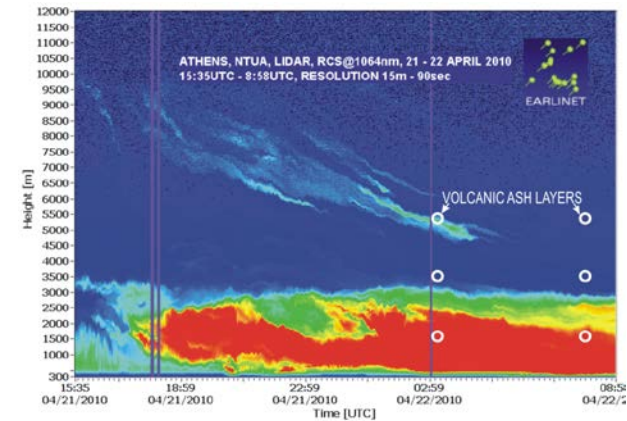
# Συστήματα Laser και εφαρμογές



**Διάταξη μέτρησης  
ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ**



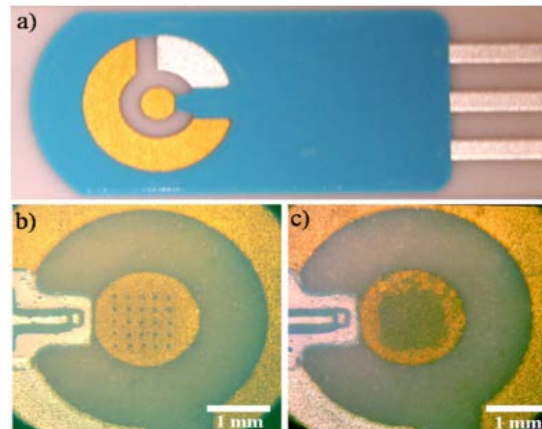
**Ενδοσκοπική χειρουργική**



**Καταγραφή ηφαιστειακής  
τέφρας**



**Διάταξη LIDAR**



**Κατασκευή μικροδομών**





# Οπτοηλεκτρονική [Διδάσκουσα: Ι. Ζεργιώτη]

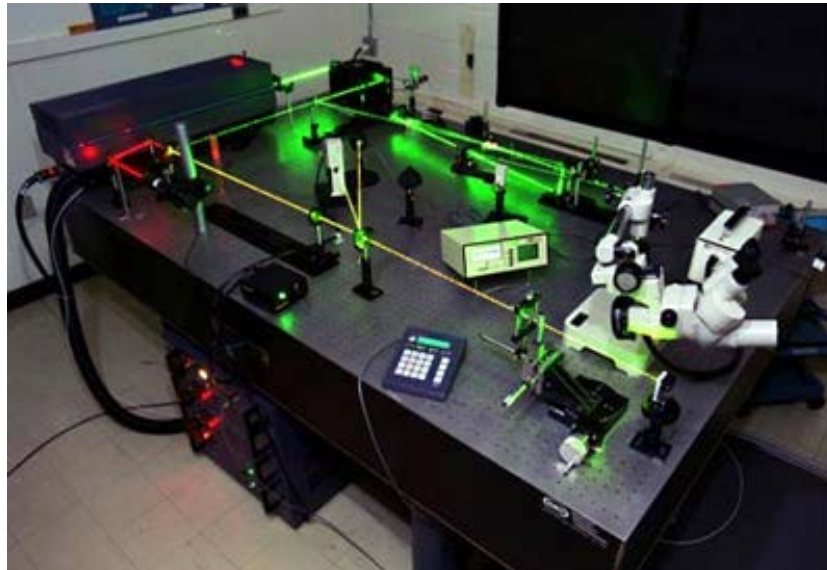
Ώρες Θεωρίας - Ώρες Εργαστηρίου: 4 – 2

**Οπτικά στοιχεία, Διαμόρφωση:** Ηλεκτρο-οπτικό φαινόμενο, Διαμορφωτές Kerr, Σάρωση και μεταγωγή. Ακουστο-οπτικό φαινόμενο. Διαμορφωτές κβαντικών πηγαδιών. Μή-γραμμική οπτική.

**Απεικονιστές, Ανιχνευτές:** Φωταύγεια, Απεικονιστές πλάσματος, Απεικονιστές υγρών κρυστάλλων. Παράμετροι απόδοσης ανιχνευτών. Θερμικοί ανιχνευτές.

**Φωτονικές Διατάξεις:** Μέτρηση των χαρακτηριστικών των οπτικών ινών. Υλικά και τρόποι κατασκευής οπτικών ινών. Καλώδια οπτικών ινών.

**Οπτικές Επικοινωνίες:** Τεχνικές διαμόρφωσης, Επικοινωνίες στον ελεύθερο χώρο. Οπτικά συστήματα επικοινωνιών με ίνες. Αισθητήρες οπτικών ινών, Οπτικές ίνες μεταφοράς φωτός. Ολοκληρωμένα οπτικά κυκλώματα.



# Νέα τεχνολογικά Υλικά [Διδάσκοντες: Α. Κυρίτσης, Ι. Ζεργιώτη]

**Διηλεκτρικά:** Ηλεκτρομονωτικά υλικά, Διηλεκτρικά υλικά πυκνωτών. Διηλεκτρικά υλικά μικρο-ηλεκτρονικής.

Ενεργά διηλεκτρικά – Σιδηροηλεκτρικά, Πιεζοηλεκτρικά και Πυροηλεκτρικά διηλεκτρικά, Ηλεκτρίτες.

**Ευφυή υλικά:** Διηλεκτρικά ελαστομερή – Υλικά συλλογής ενέργειας

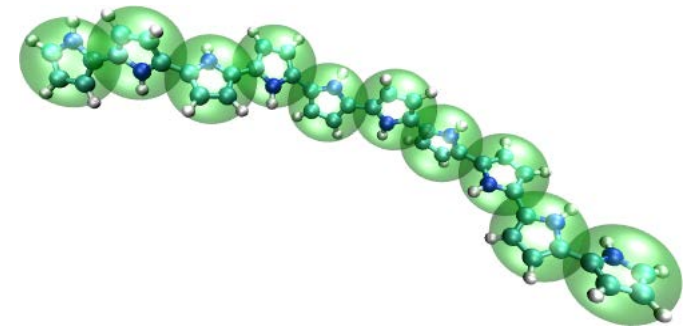
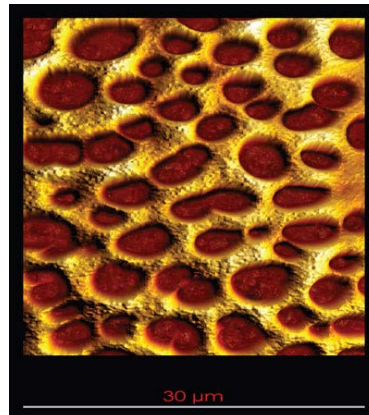
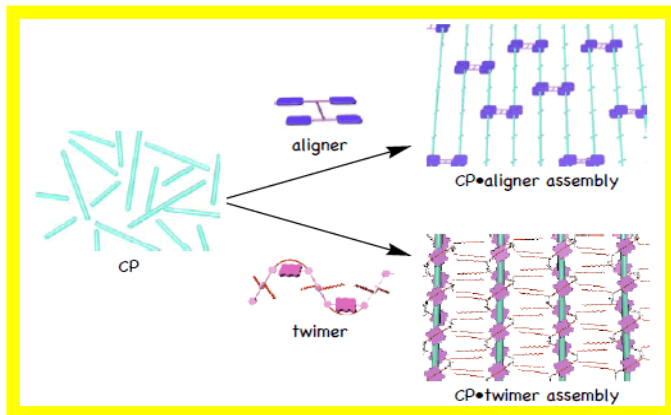
**Υγροί κρύσταλλοι,** Υγροκρυσταλλικά πολυμερή.

**Ηλεκτρολύτες στερεάς κατάστασης.**

**Κεραμικά:** Φυσικοχημικές ιδιότητες και μέθοδοι παρασκευής κεραμικών. Μονωτικά, Ημιαγώγιμα και Υπεραγώγιμα κεραμικά, Κεραμικά ιοντικής αγωγιμότητας.

**Άμορφα κεραμικά, Ύαλοι.** Νανοκεραμικά και πορώδη κεραμικά, Προηγμένα κεραμικά

**Φωτονικά και Φωτοβολταϊκά υλικά.**



**Διηλεκτρική φασματοσκοπία**

**Δομή και ιδιότητες υλικών**

# Πυρηνική Φυσική & Στοιχειώδη Σωματίδια [Διδάσκων: Ε.Γαζής]

Ώρες Θεωρίας - Ώρες Εργαστηρίου: 2 – 2

**ΑΤΟΜΑ ΕΝΟΣ-ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΟΥ:** Η Εξίσωση Schrödinger ατόμων του ενός ηλεκτρονίου. Ενεργειακές καταστάσεις. Ιδιοσυναρτήσεις δέσμιων καταστάσεων. Αναμενόμενες τιμές.

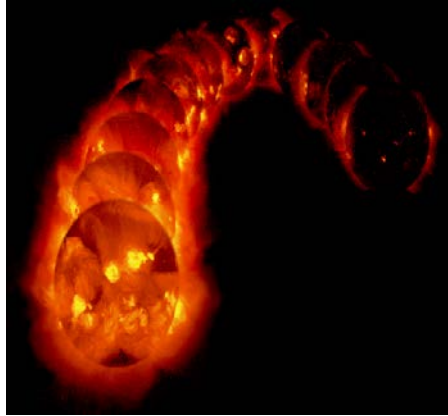
**ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ:** Ενεργός διατομή, Σκέδαση Rutherford, Είδη αλληλεπιδράσεων, Μέγεθος, μάζα και σχήμα πυρήνα, Βήτα διάσπαση πυρήνων και κοιλάδα σταθερότητας, Ιδιότητες των πυρήνων, Μαγνητικά φαινόμενα, Μαγικοί αριθμοί και πρότυπο φλοιών των πυρήνων, Στροφορμή πυρήνων και ιδιοστροφορμής (spin), Άλφα διάσπαση, φαινόμενο σήραγγας, σχάση, Διεγερμένες καταστάσεις πυρήνα και αποδιέγερση μέσω εκπομπής ακτίνων-γ.

**ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ:** Εισαγωγή στα στοιχειώδη σωματίδια. Ιστορική αναδρομή. Φυσικό σύστημα μονάδων. Σχετικιστική κινηματική, τετραδιανύσματα. Ιδιότητες και ταξινόμηση των στοιχειωδών σωματιδίων. Διαγράμματα Feynman. Συμμετρίες και νόμοι διατήρησης. Αναστροφή χώρου, συζυγία φορτίου, αντιστροφή χρόνου. Ισοτοπικό σπιν. Θεμελιώδες πρότυπο των κουάρκ. Θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις: ηλεκτρομαγνητική, ασθενής και ισχυρή. Καθιερωμένο πρότυπο. Ενοποίηση των ηλεκτρομαγνητικών και ασθενών αλληλεπιδράσεων. Μηχανισμός Higgs.

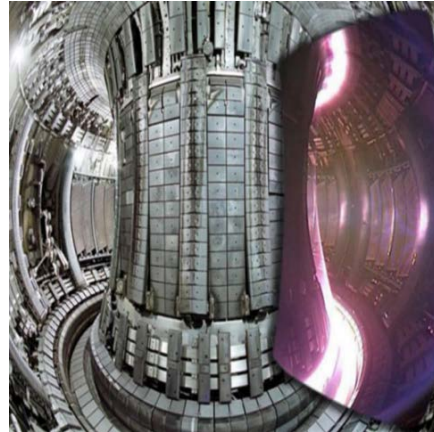
Εργαστηριακές ασκήσεις κβαντικών φαινομένων, Ατομικής και Πυρηνικής Φυσικής στο Εργαστήριο Φυσικής ΕΜΠ.

# Εισαγωγή στη Φυσική και την Τεχνολογία της Ελεγχόμενης Θερμοπυρηνικής Σύντηξης [Διδάσκων: Γ. Κομίνης]

## Τι είναι η Θερμοπυρηνική Σύντηξη?

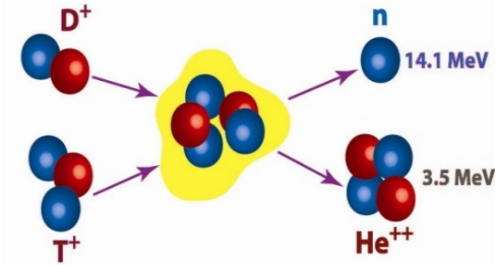


ΣΥΜΠΑΝ: Η ενέργεια των αστέρων (ήλιος) παράγεται από θερμοπυρηνική σύντηξη



ΓΗ: Αντιδραστήρας ελεγχόμενης θερμοπυρηνικής σύντηξης

## Πυρηνικές Αντιδράσεις Σύντηξης:



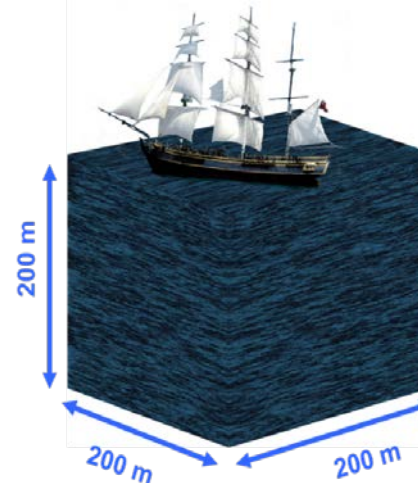
## ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

- Εγγενώς ευσταθής λειτουργία
- Το ραδιενεργό τρίτιο έχει χρόνο ημιζωής 12.3 χρόνια και μπορεί να παραχθεί μέσα στον αντιδραστήρα από λίθιο (υπάρχουν αρκετά αποθέματα ~ χαλκός).
- Το δευτέριο υπάρχει σε αφθονία στο νερό.

## Δυσκολίες & Προβλήματα:

Για την επίτευξη πυρηνικών αντιδράσεων απαιτούνται πολύ μεγάλες θερμοκρασίες (~ 230 million degrees)

- αντοχή υλικών
- δημιουργία πλάσματος λόγω ιονισμού
- πρόβλημα συγκράτησης



Αρκετή ποσότητα για την κάλυψη των παγκόσμιων ενεργειακών αναγκών για 1 έτος!!!

# Διεπιστημονικό Ερευνητικό Αντικείμενο

## Φυσική πλάσματος:

Το **πλάσμα** είναι η συνηθέστερη κατάσταση της ύλης στο σύμπαν.

Η μελέτη του πλάσματος χρησιμοποιεί προχωρημένα μαθηματικά μοντέλα και εργαλεία με ευρύτερο πεδίο εφαρμογής και σε άλλα φυσικά και τεχνολογικά αντικείμενα:

- Μελέτη τροχιών φορτισμένων σωματιδίων: **πολύπλοκη και χαοτική δυναμική**
- **Κινητική θεωρία** συστημάτων μακριά από τη θερμοδυναμική ισορροπία: μελέτη συλλογικής συμπεριφοράς πολλών σωματιδίων
- **Φαινόμενα μεταφοράς**
- **Μαγνητο - Υδροδυναμική**
- **Θεωρία Ευστάθειας**
- **Διάδοση ΗΜ κυμάτων σε ιονισμένα μέσα**

## Τεχνολογία:

Επιστήμη υλικών

Υπεραγώγιμοι μαγνήτες

Διαγνωστικά εργαλεία

Πληθώρα προβλημάτων όλων των επιστημών του Μηχανικού στην κατασκευή και λειτουργία αντιδραστήρων σύντηξης

**EUROfusion consortium:**  
**28 EU Member States**  
**(>40 fusion labs)**



## Ερευνητικό Πρόγραμμα

**International  
Thermonuclear  
Experimental Reactor  
(ITER)**

