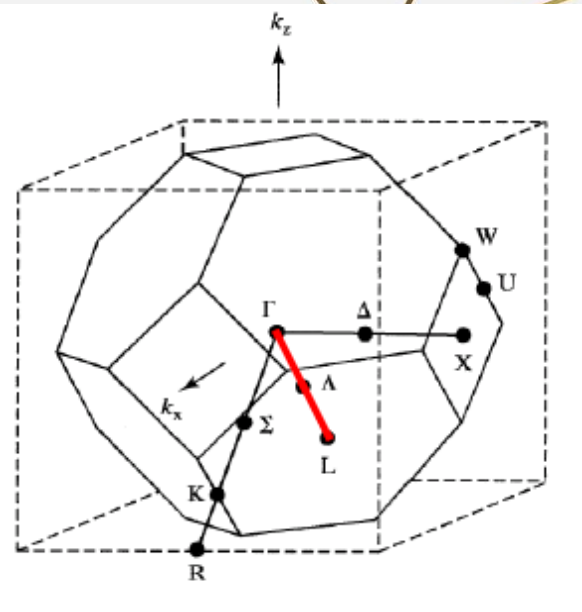




ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΕΝΗΣ ΥΛΗΣ



ΕΥΘΥΜΙΟΣ ΣΚΟΡΔΑΣ

<http://solid.phys.uoa.gr/>

ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΤΟΥ ΤΟΜΕΑ ΦΣΥ

1. ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ

Γαρδέλης Σπυρίδων (Αν. Καθηγητής)

Κουτσοκέρας Λουκάς (Επ. Καθηγητής)

Λελίδης Ιωάννης (Αν. Καθηγητής)

Λυκοδήμος Βλάσιος (Καθηγητής)

Μαυρόπουλος Φοίβος (Καθηγητής)

Παπαθανασίου Αντώνιος (Αν. Καθηγητής)-Διευθυντής του Εργαστηρίου Φυσικής Στερεάς Κατάστασης

Σακέλλης Ηλίας (Επ. Καθηγητής)

Σαρλής Νικόλαος (Καθηγητής)

Σιμσερίδης Κωσταντίνος (Αν. Καθηγητής)

Σκορδάς Ευθύμιος (Αν. Καθηγητής) - Διευθυντής Τομέα Φυσικής Συμπυκνωμένης Ύλης

Σταμόπουλος Δημοσθένης (Αν. Καθηγητής)

Στεφάνου Νικόλαος (Καθηγητής)

Τσακμακίδης Κοσμάς (Επ. Καθηγητής)

Φραντζεσκάκης Δημήτριος (Καθηγητής)

ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΤΟΥ ΤΟΜΕΑ ΦΣΥ

2. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟ - ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ, ΤΕΧΝΙΚΟ & ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΟ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ

Γιαννούρη Μαρία (ΕΔΙΠ)

Δημητρόπουλος Βασίλειος (ΕΤΕΠ)

Κύρκος Χρήστος (ΕΤΕΠ)

Λαμπιθιανάκης Γεώργιος (ΕΤΕΠ)

Τζίγκος Σπυρίδων (Διοικητικό Προσωπικό)

Τσαλπατούρου Αγγελική (Γραμματέας του Τομέα Α')

Τσέτσερη Μαρία (ΕΔΙΠ)

Φιλιπποπούλου Αναστασία (Διοικητικό Προσωπικό)

ΧΩΡΟΙ ΓΡΑΦΕΙΩΝ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ ΤΟΥ ΤΟΜΕΑ

1^{ος} όροφος



2^{ος} όροφος



ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΕΝΗΣ ΥΛΗΣ

- Φυσική της συμπυκνωμένης ύλης είναι ο κλάδος της Φυσικής που εξετάζει τις μακροσκοπικές και μικροσκοπικές ιδιότητες των διαφόρων μορφών ύλης (στερεά, υγρά, πλάσμα κλπ), που προκύπτουν από τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ατόμων, μορίων ή και ηλεκτρονίων από τα οποία αποτελούνται.
- Ο κλάδος αυτός της Φυσικής αρχικά βαφτίστηκε με το όνομα Φυσική της Στερεάς Κατάστασης καθώς ξεκίνησε ως μελέτη των στερεών και μάλιστα των κρυσταλλικών υλικών. Μετονομάστηκε σε Φυσική της Συμπυκνωμένης Ύλης για να συμπεριλάβει τη μελέτη των ιδιοτήτων άμορφων στερεών, υγρών, πολυμερών, υγρών κρυστάλλων, γέλης και πλάσματος.

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΕΝΗΣ ΥΛΗΣ

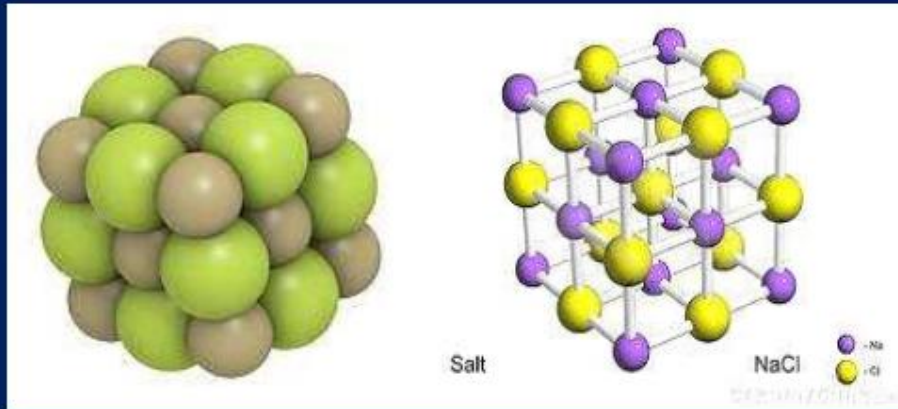
- Το νοητικό πλαίσιο της Φυσικής της Συμπυκνωμένης Ύλης συνίσταται από το γνωστικό υπόβαθρο στη Μηχανική, Στατιστική, Ηλεκτρομαγνητισμό, Ατομική Φυσική και Κβαντομηχανική.
- Η Φυσική της Συμπυκνωμένης Ύλης και η Επιστήμη των Υλικών έπαιξαν ουσιαστικό ρόλο στις τεχνολογικές ανακαλύψεις που άλλαξαν με τον πιο δραματικό τρόπο τη ζωή μας τα τελευταία 70 χρόνια. Μεταξύ αυτών αξίζει να αναφέρουμε τα ολοκληρωμένα κυκλώματα, την απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού (MRI) , τις οπτικές ίνες, τα λέιζερ στερεάς κατάστασης, τις διόδους φωτοεκπομπής (LED) , τους δίσκους μαγνητικής εγγραφής, όπως και πλήθος σύνθετων υλικών με νέες ιδιότητες.

Τα στερεά δημιουργούνται όταν έρχονται κοντά απομακρυσμένα άτομα ενός στοιχείου ή ομάδες ατόμων.

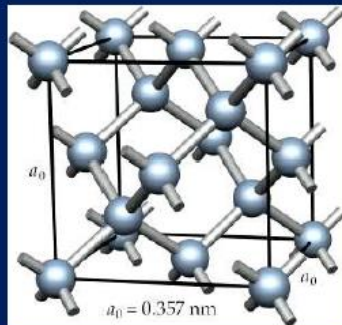
Οι μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις (οι δεσμοί που δημιουργούνται), διαφόρων ειδών, τα συγκρατούν το ένα κοντά στο άλλο.

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τον σταθερό σχηματισμό ενός συγκεκριμένου υλικού δημιουργώντας μια εκπληκτική ποικιλία δομών, οι οποίες επειδή αποτελούνται από διαφορετικού είδους άτομα και συνδεδεμένα μεταξύ τους με διαφορετικούς τρόπους έχουν διαφορετικές ιδιότητες

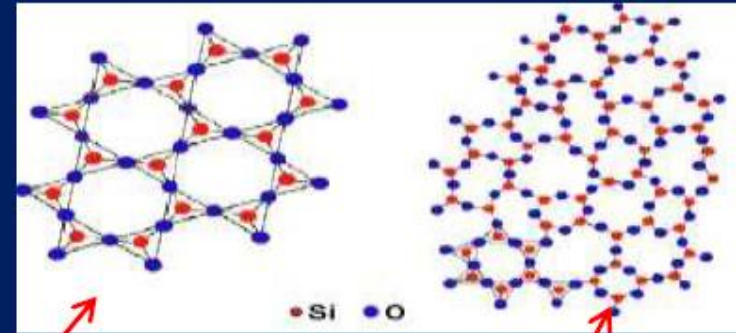
Αυτή η τεράστια ποικιλία ιδιοτήτων και πολυμορφία δομών συνιστούν και τον πλούτο της Φυσικής της Στερεάς Κατάστασης



Αλάτι (NaCl)

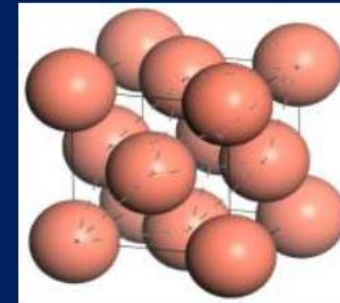


Διαμάντι



Κρυσταλλική άμμος (SiO_2)

Άμορφο (SiO_2)



Χαλκός

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΗΝ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΕΝΗΣ ΥΛΗΣ

1. ΠΡΟΪΣΤΟΡΙΑ

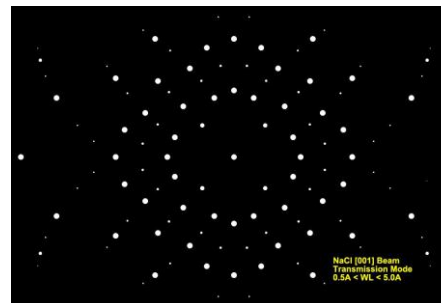
- Έλληνες αρχαίοι φιλόσοφοι μιλούν για την ύλη (Αναξίμανδρος, Πλάτων, Αριστοτέλης, Δημόκριτος)
- Η μελέτη των ιδιοτήτων των υλικών ξεκινά από τους αλχημιστές
- Kepler και Descartes (Καρτέσιος) – 17^{ος} αιώνας

2. Σταθμοί στην εξέλιξη της ΦΣΥ

- 1885 Ανακάλυψη ακτίνων X από τον Röntgen οδήγησε στην ανάπτυξη της κρυσταλλογραφίας
- Max von Laue (Nobel 1914), William Henry και William Lawrence Bragg (Nobel 1915), – Περίθλαση ακτίνων X χρησιμοποιώντας κρυστάλλους ως φράγματα περίθλασης



Von Laue



William
Henry
Bragg



William
Lawrence
Bragg

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΗΝ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΕΝΗΣ ΥΛΗΣ

1. ΠΡΟΪΣΤΟΡΙΑ

- Έλληνες αρχαίοι φιλόσοφοι μιλούν για την ύλη (Αναξίμανδρος, Πλάτων, Αριστοτέλης, Δημόκριτος)

Ο Αναξίμανδρος (611-547 π.Χ.) υποστήριξε ότι η ύλη ήταν ένα είδος συσσώρευσης διακριτών υποδομών από ένα ομογενές χωρίς μορφή άπειρο. Η σχολή του Δημόκριτου (460-370 π.Χ.) προσπάθησε να ερμηνεύσει τις ιδιότητες της ύλης με τη βοήθεια των μερών που την συνιστούν, ατομικών και αδιαίρετων αλλά ικανών να φτιάχνουν σχηματισμούς ποικίλης πυκνότητας, σχήματος και προσανατολισμού.

Ο Αριστοτέλης (384-322 π.Χ.) έδωσε έμφαση στους σχηματισμούς των στοιχειωδών ποσοτήτων. Η Αριστοτελική φιλοσοφία έδωσε ερμηνεία στις στοιχειώδεις δομές της ύλης πολύ πριν η μελέτη δομών μεγαλύτερης κλίμακας γίνει αντικείμενο της επιστήμης.

Ο Πυθαγόρας (580-496 π.Χ), ο Πλάτωνας (427-347 π.Χ), ο Ευκλείδης (325-270 π.Χ) έδωσαν έμφαση στη Γεωμετρία, στη μορφή η οποία χαρακτηρίζει εξωτερικά τις δομές της ύλης.

1. ΠΡΟΪΣΤΟΡΙΑ

- Η μελέτη των ιδιοτήτων των υλικών ξεκινά από τους αλχημιστές

Οι αλχημιστές ήταν οι πρόδρομοι της σύγχρονης Φ.Σ.Υ.

Ένας κεντρικός στόχος τους ήταν να καταλάβουν τις εμφανείς αλλαγές των ιδιοτήτων της ύλης που είχαν ανακαλύψει οι τεχνίτες. Πολλά από τα μυστικιστικά τους σύμβολα και διαγράμματα, συχνά συνδυασμένα με ένα συναρπαστικό τρόπο με διαδικασίες εργαστηριακές, αντανakλούν την σχέση ανάμεσα στη φύση των χημικών αλλαγών και αρχών της γεωμετρίας. Η Αλχημεία θεωρήθηκε πισωγύρισμα γιατί δεν κατάφερε να αποκαλύψει τις μετατροπές σε επίπεδο ατομικό.

1. ΠΡΟΪΣΤΟΡΙΑ

- Kepler και Descartes (Καρτέσιος) – 17^{ος} αιώνας

Η αρχή της μοντέρνας επιστημονικής αναζήτησης συνήθως οριοθετείται με την ανάπτυξη της μαθηματικής αστρονομίας τον 16^ο και 17^ο αιώνα. Γύρω στα 1600 μ.Χ.

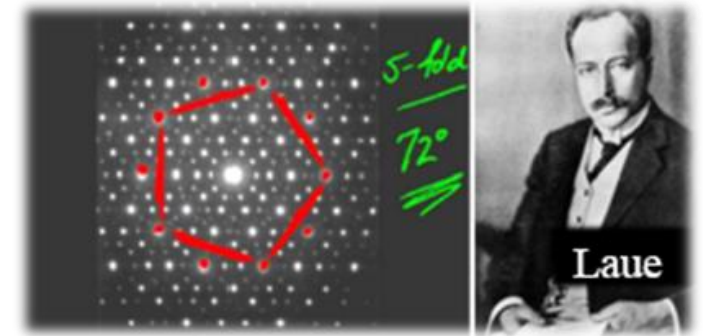
Με το “On the Hexagonality of the Snowflake” του Johannes Kepler δημοσιεύθηκε η πρώτη προσπάθεια να ντυθεί επιστημονικά η παλαιά γνώση αυτών που έφτιαχναν μωσαϊκά, μελετώντας το πώς σφαίρες θα στοιβαχτούν σ’ ένα κυβικό και εξαγωνικό πλέγμα.

Ο Renè Descartes (Καρτέσιος) επηρέασε την εποχή του με τα Principia Philosprohiae (1644). Η σωματιδιακή αντίληψη παρέμενε ζωντανή. Ο Καρτέσιος θεώρησε ότι το σύμπαν χτίστηκε από 3 είδη σωματιδίων, δύο από τα οποία, μοιράζοντας τις επιφάνειες τους ή μόνο σημεία επαφής, δημιουργούσαν συσσωματώματα που περιείχαν κανάλια μέσα από τα οποία μπορούσαν να κυκλοφορούν τα μικρότερα σωματίδια. Τα διάφορα μεγέθη αυτών των συσσωματωμάτων αποτελούσαν τη βάση κάθε ιδιότητας.

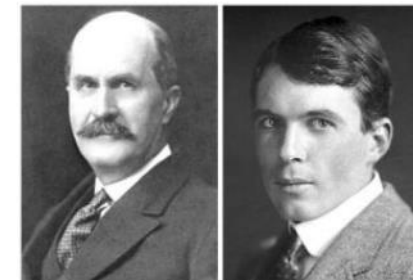
2. Σταθμοί στην εξέλιξη της ΦΣΥ

- 1885 Ανακάλυψη ακτίνων X από τον Röntgen οδήγησε στην ανάπτυξη της κρυσταλλογραφίας *η μελέτη του κρυσταλλικού πλέγματος, δηλαδή της γεωμετρικής δόμησης, εκείνης των κρυστάλλων.*
- Max von Laue (Nobel 1914), William Henry και William Lawrence Bragg (Nobel 1915), – Περίθλαση ακτίνων X χρησιμοποιώντας κρυστάλλους ως φράγματα περίθλασης

Η Κρυσταλλογραφία ξεκίνησε χιλιετίες πριν παρατηρώντας τους πολύτιμους λίθους και τις εξωτερικές τους συμμετρίες. Οι τεχνικές των ακτίνων X ήλθαν να επεκτείνουν τη γνώση που αποκτήθηκε από την μεταλλουργική μικροσκοπία. Οι μέθοδοι περίθλασης ξεκίνησαν με τα πειράματα του Max von Laue (1913), ο οποίος πρότεινε την χρήση κρυστάλλων σαν φυσικά φράγματα περίθλασης για ακτινοβολία X. Τα πειράματα περίθλασης του Laue έχουν ιστορική σημασία διότι απέδειξαν ότι τα κρυσταλλικά στερεά αποτελούνται από περιοδικά διατεταγμένα άτομα. Άρχισαν να μελετώνται κράματα, ιδιότητες ενδοεπιφανειών και οι ασυνέχειες. Η κρυσταλλογραφία είναι θεμελιώδης σε πολλούς τομείς, όπως η βιολογία για τη μελέτη μακρομορίων όπως η δομή του DNA, η χημεία, η ορυκτολογία και η μεταλλουργία



William
Henry
Bragg



William
Lawrence
Bragg

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΗΝ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΕΝΗΣ ΥΛΗΣ

- 1897 Ανακάλυψη του ηλεκτρονίου από τον J.J Thomson



Joseph John Thomson

- 1900 Θεωρία των κβάντων από τον Max Planck
υποστηρίζει ότι η ενέργεια δεν εκπέμπεται ή απορροφάται συνεχώς, αλλά σε διακριτές μονάδες, τα «κβάντα». Αυτή η επανάσταση στη φυσική εισήγαγε την ιδέα ότι η ενέργεια έρχεται σε «πακέτα», και η συνολική ενέργεια πρέπει να είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του κβάντου ενέργειας, μια παραδοχή που σημάδεψε τη γέννηση της κβαντικής φυσικής.



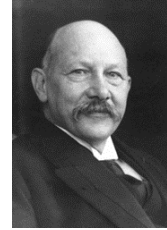
- 1900 Μοντέλο Drude για τα φαινόμενα μεταφοράς των μετάλλων με σκοπό την περιγραφή των ιδιοτήτων ηλεκτρονίων σε μέταλλα.
Το μοντέλο του Ντρουντ αποτελεί μία εφαρμογή της κινητικής θεωρίας



Paul Drude

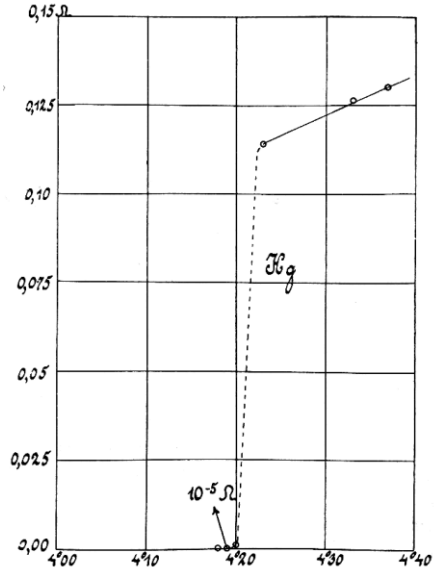
ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΗΝ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΕΝΗΣ ΥΛΗΣ

- 1908 Υγροποίηση ηλίου (υπεραγωγιμότητα) Kamerling Onnes (Nobel 1913)



Η υγροποίηση του ηλίου επέτρεψε την μελέτη της συμπεριφοράς της ύλης σε χαμηλές θερμοκρασίες.

Κατά την διάρκεια μετρήσεων της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του υδραργύρου η ηλεκτρική αντίσταση εξαφανίστηκε όχι σταδιακά αλλά απότομα στους 4,2K. Συνεπώς ο υδράργυρος βρίσκεται σε μια νέα κατάσταση στους 4,2K, η οποία, λόγω των συγκεκριμένων αυτών ηλεκτρικών ιδιοτήτων, μπορεί να ονομαστεί κατάσταση υπεραγωγιμότητας.



- 1924 De Broglie δυϊσμός ηλεκτρονίου (περίθλαση ηλεκτρονίων-κρυσταλλογραφία, ηλεκτρονικό μικροσκόπιο)



Louis de Broglie

- 1926 Στατιστική Fermi-Dirac

Αυτό σημαίνει ότι τα ηλεκτρόνια συμπεριφέρονται σύμφωνα με την αρχή της μη-απωθητικής στατιστικής, όπου δύο ηλεκτρόνια δεν μπορούν να καταλάβουν την ίδια κβαντική κατάσταση.



Enrico Fermi



Paul Adrien Maurice Dirac

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΗΝ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΕΝΗΣ ΥΛΗΣ

- 1926 Μοντέλο Sommerfeld για τα φαινόμενα μεταφοράς στα μέταλλα
περιγράφει τα φαινόμενα μεταφοράς στα μέταλλα, λαμβάνοντας υπόψη τη στατιστική της κίνησης των ηλεκτρονίων



Arnold Johannes
Sommerfeld

- 1926 Εξίσωση Schrödinger



Erwin
Schrödinger

είναι μία διαφορική εξίσωση η οποία προτάθηκε για να περιγράψει τη χρονική και χωρική εξάρτηση κβαντομηχανικών συστημάτων.

- 1928 Θεώρημα Bloch και θεωρία των ηλεκτρονιακών ενεργειακών ζωνών
έδωσε απάντηση στο ερώτημα γιατί ένα υλικό είναι καλός αγωγός του ηλεκτρικού ρεύματος, μονωτής ή ημιαγωγός



Felix
Bloch

- 1948 Ανακάλυψη τρανζίστορ
-



William
Bradford
Shockley



John
Bardeen

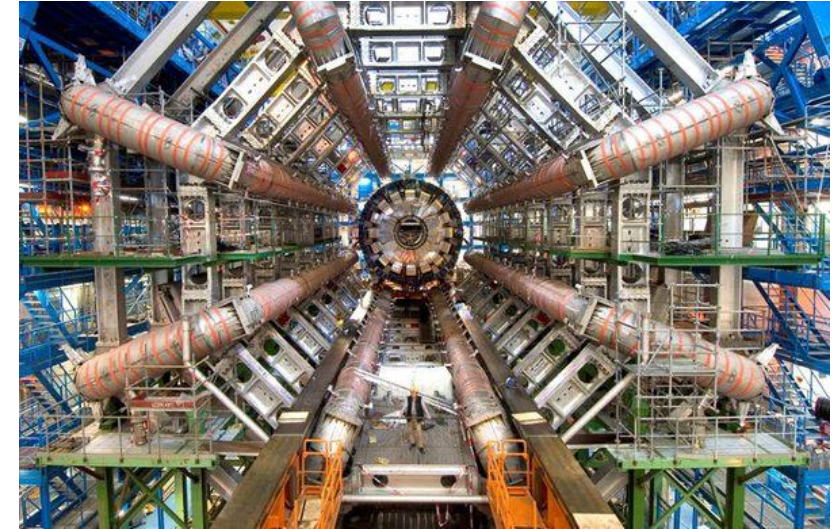


Walter
Houser
Brattain

- Η λίστα είναι απεριόριστη και εδώ αναφέραμε μερικούς από τους σταθμούς στο πρώτο μισό του 20^{ου} αιώνα που έβαλαν τις βάσεις στη σύγχρονη Φυσική και επηρέασαν την εξέλιξη της Φυσικής Συμπυκνωμένης Ύλης.

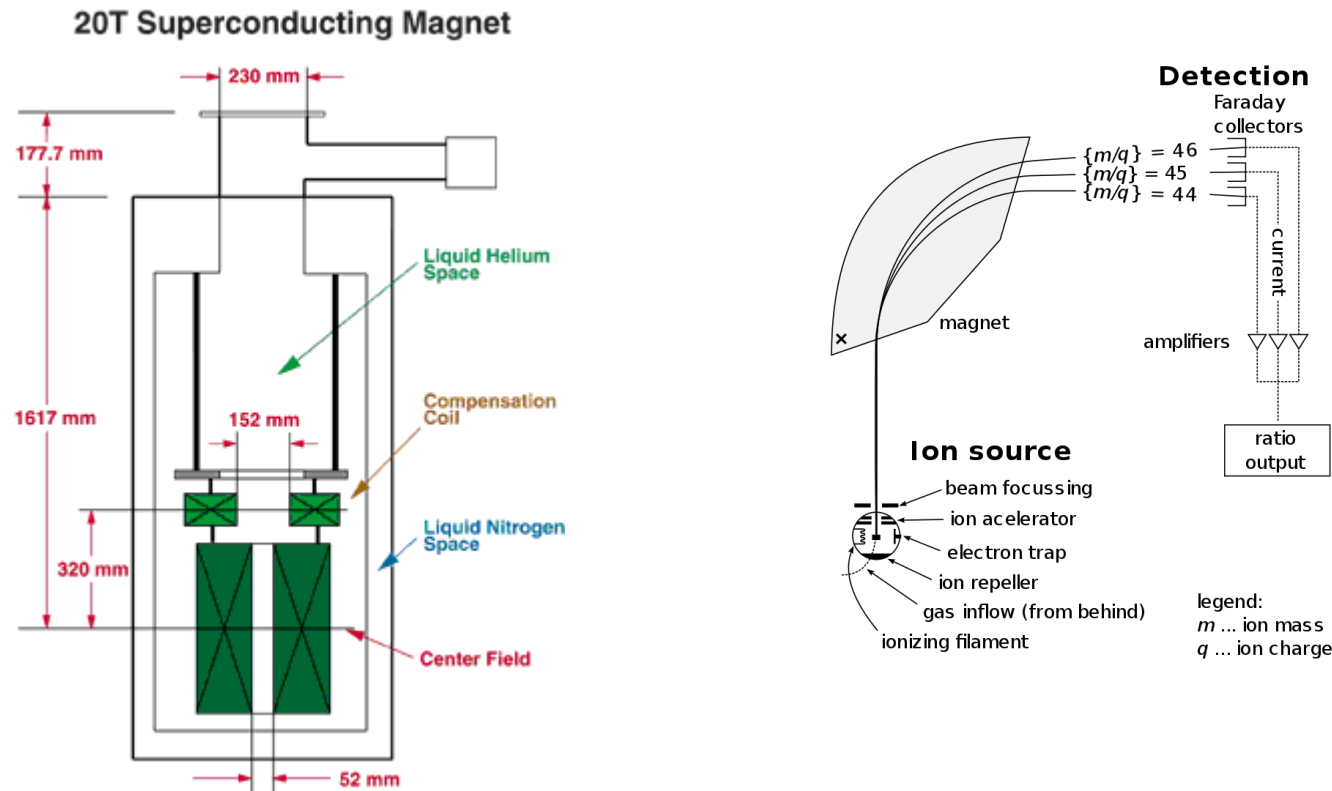
Παραδείγματα υλικών με ευρεία εφαρμογή στην καθημερινότητά μας και πειραματικές διατάξεις

- Η εξέλιξη της Φυσικής των Ημιαγωγών και των Ημιαγωγικών Διατάξεων οδήγησαν στην ανάπτυξη των υπολογιστών, των τηλεπικοινωνιών, της οπτοηλεκτρονικής, των φωτοβολταϊκών κλπ.

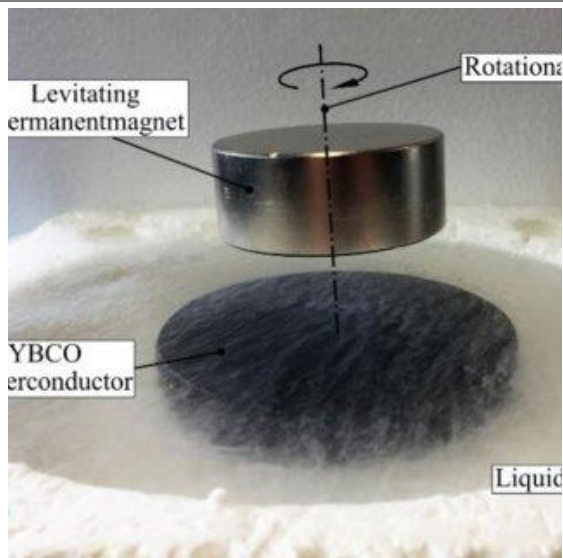


Παραδείγματα υλικών με ευρεία εφαρμογή στην καθημερινότητά μας και πειραματικές διατάξεις

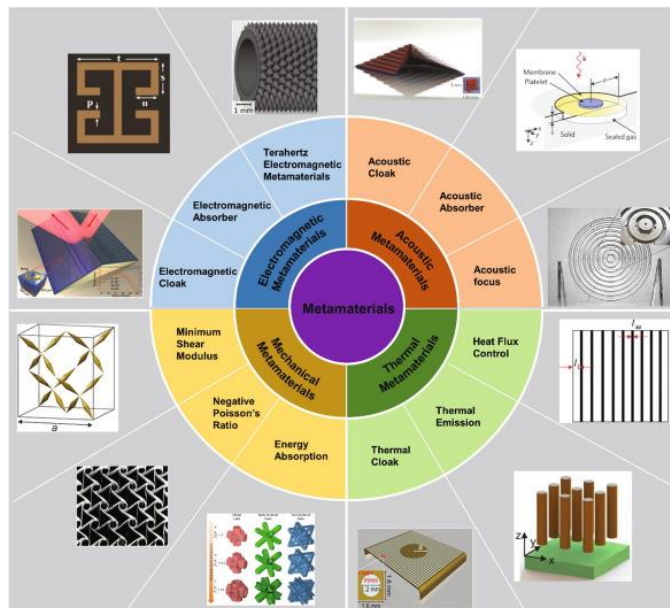
- Υπεραγώγιμα σύρματα χρησιμοποιούνται ως περιελίξεις σε ηλεκτρομαγνήτες για την κατασκευή ισχυρών μαγνητών σε πειράματα μαγνητισμού (μαγνητόμετρα), πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού (NMR), σε φασματογράφους μάζας, σε επιταχυντές σωματιδίων. Επίσης χρησιμοποιούνται σε μαγνητικούς τομογράφους (MRI) στην Ιατρική.



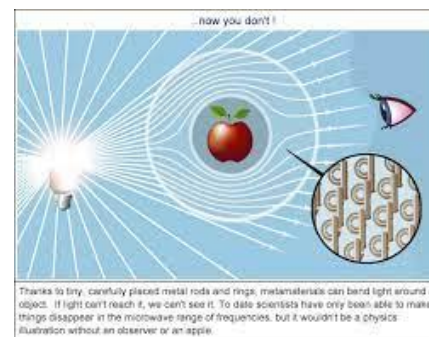
Και μελλοντικά.....



Μαγνητική αιώρηση



Μεταϋλικά



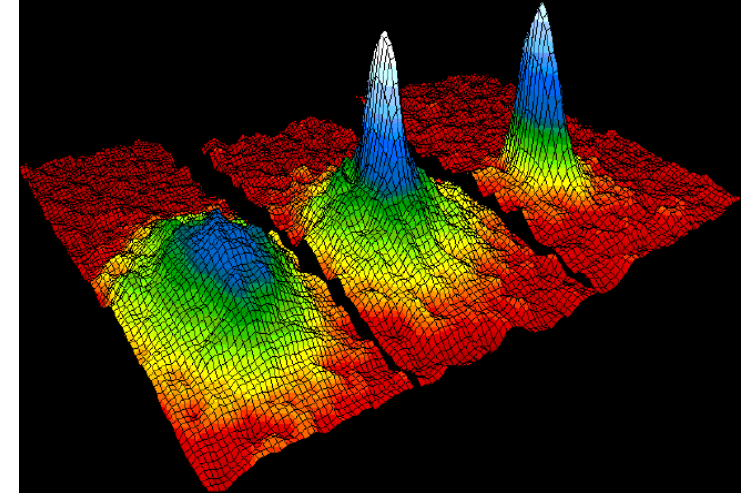
Σύνθετες κατασκευές με μοναδικές ηλεκτρομαγνητικές ιδιότητες για την χειραγώγηση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.



https://www.g-physics.com/2016/01/blog-post_8.html

Συμπύκνωση Bose-Einstein (BEC)

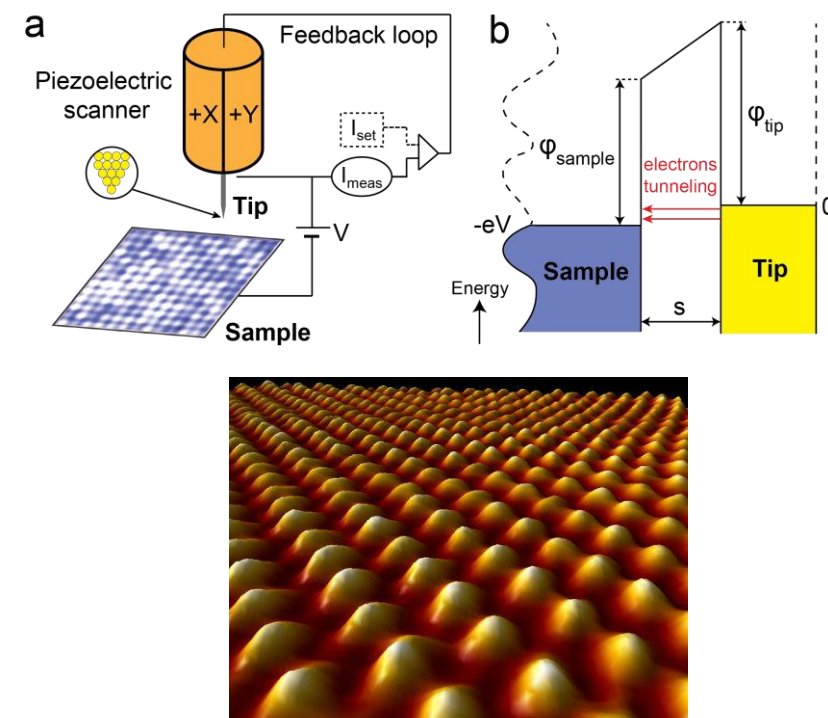
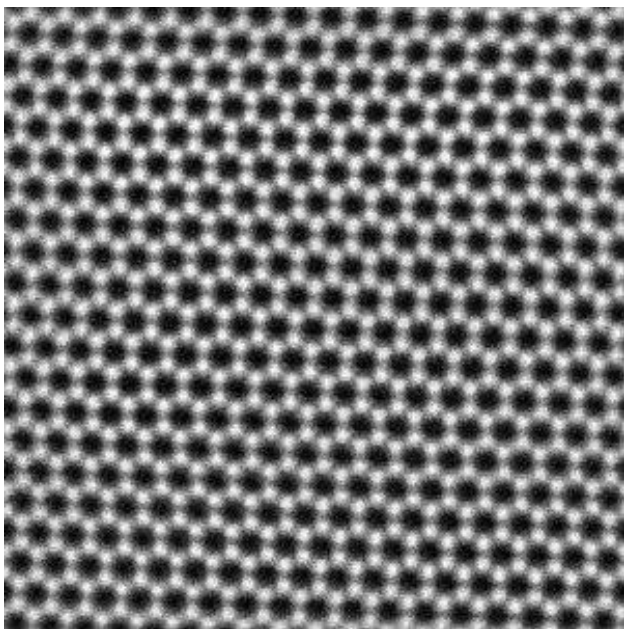
- Η δυνατότητα επίτευξης κρυογενικών θερμοκρασιών μας έχει επιτρέψει να μελετήσουμε κβαντομηχανικά φαινόμενα σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες κοντά στους 0 K. Μια συλλογή από άτομα αερίου με χαμηλή πυκνότητα όταν ψυχθεί σε θερμοκρασίες κοντά στο απόλυτο μηδέν συμπεριφέρονται ως μποζόνια και όλα βρίσκονται στην ίδια κβαντική κατάσταση. Αυτή η νέα κατάσταση της ύλης είχε προβλεφθεί θεωρητικά από τον Einstein το 1923-1924 και επιτεύχθηκε από τους Cornell και Wieman του Πανεπιστημίου Colorado Boulder με άτομα ρουβιδίου και αργότερα από τον Wolfgang Ketterle του MIT με άτομα νατρίου. Οι τρεις αυτοί ερευνητές μοιράστηκαν το βραβείο Νόμπελ Φυσικής το 2001.
- Τα BEC μας επιτρέπουν να κάνουμε βασική έρευνα μέσω προσομοίωσης φυσικών συστημάτων και να μελετήσουμε την υπεραγωγιμότητα.
- Θεωρητικά το γεγονός ότι το σύστημα ξεκινά από μια κβαντομηχανική κατάσταση την ίδια για όλα τα άτομα της συλλογής κοντά στους 0 K, και αν με κάποιο τρόπο αλλάξουμε την κατάσταση κάποιου ατόμου ή ατόμων στη συλλογή τότε θα μπορούσαμε να πραγματοποιήσουμε κβαντικούς υπολογιστές



Παρατήρηση σε ατομική κλίμακα και κατασκευή νέων υλικών και διατάξεων με έλεγχο στην ατομική κλίμακα

Νανοτεχνολογία

- Η σημαντική ανάπτυξη της παρατήρησης σε ατομική κλίμακα όπως τα ηλεκτρονικά μικροσκόπια, τα μικροσκόπια ατομικής δύναμης ή τα μικροσκόπια σάρωσης σήραγγας, τα ισχυρά πειραματικά εργαλεία synchrotron (παραγωγή ακτίνων X πολύ μεγάλης ενέργειας) ή δέσμης νετρονίων έδωσαν σημαντική ώθηση στη μελέτη των υλικών και στην δημιουργία νέων υλικών και νανοδιατάξεων με ελεγχόμενες ιδιότητες.



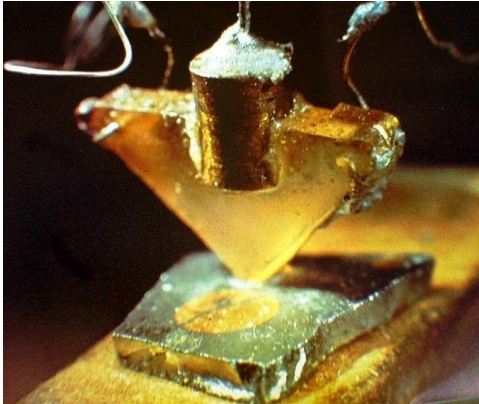
Εικόνα γραφενίου από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο διέλευσης (TEM) και μικροσκόπιο TEM. Η εικόνα δείχνει την εξαγωνική διάταξη των ατόμων άνθρακα στο γραφένιο.

Εικόνα επιφάνειας με ατομική διακριτική ικανότητα από STM

Παρατήρηση σε ατομική κλίμακα και κατασκευή νέων υλικών και διατάξεων με έλεγχο στην ατομική κλίμακα

Νανοτεχνολογία

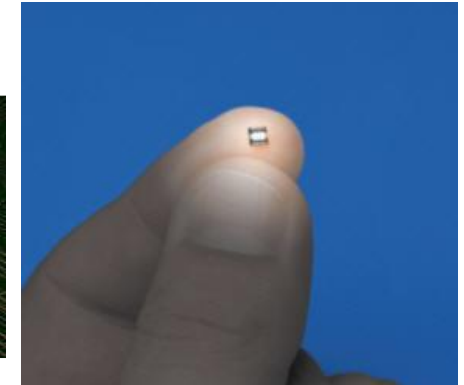
Σημαντική ώθηση στην ανάπτυξη της νανοτεχνολογίας έδωσε η μεγάλη εμπειρία της μικροηλεκτρονικής, όπου βασικό ζητούμενο ήταν η σμίκρυνση των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων που χρησιμοποιούνται σε όλες τις συσκευές της καθημερινότητά μας που απαιτούν μεγάλη υπολογιστική ικανότητα.



Σμίκρυνση από το πρώτο τρανζίστορ

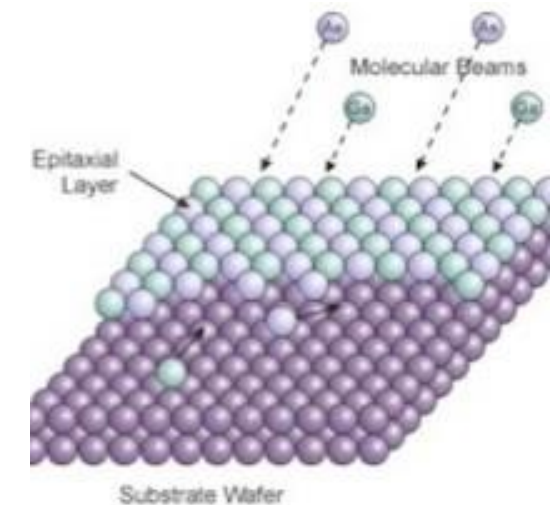
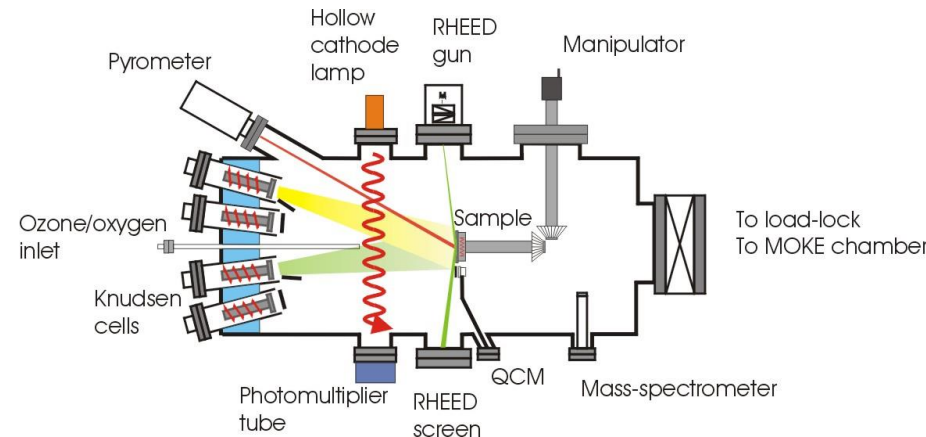
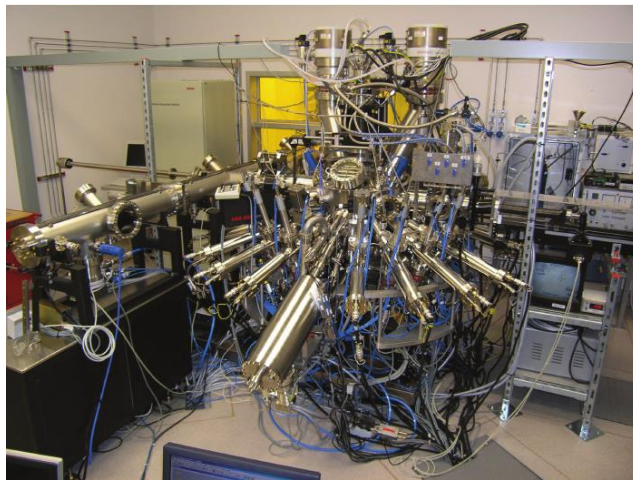


στα σημερινά ολοκληρωμένα κυκλώματα



Αυτή η ανάπτυξη περιλαμβάνει:

- Μεθόδους ανάπτυξης επιταξιακών υμενίων με έλεγχο στην ατομική κλίμακα

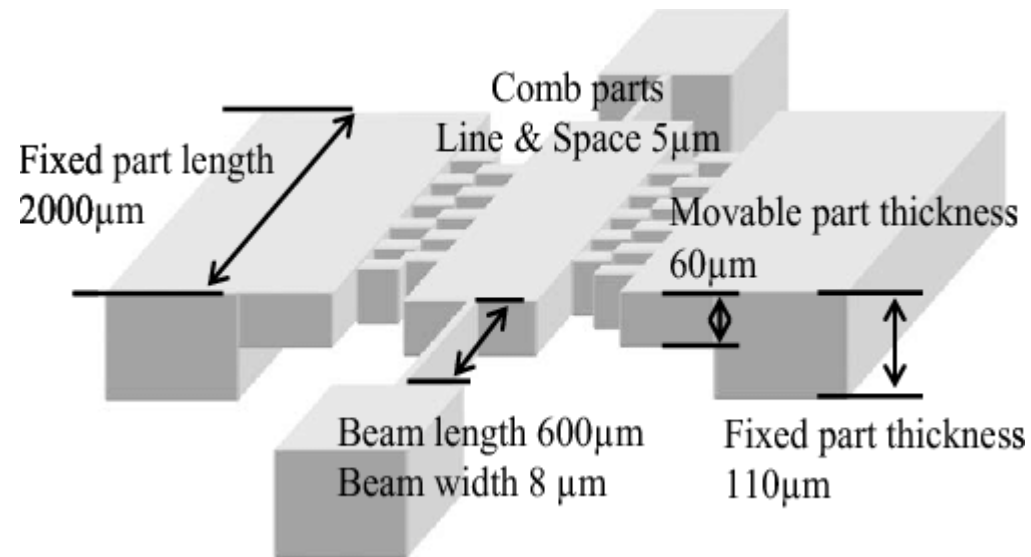
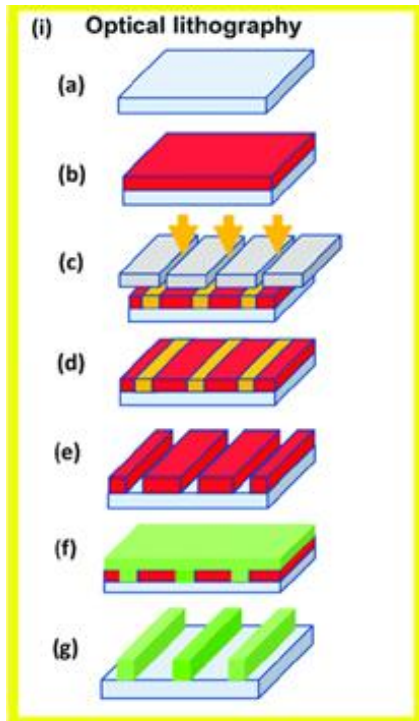


Παρατήρηση σε ατομική κλίμακα και κατασκευή νέων υλικών και διατάξεων με έλεγχο στην ατομική κλίμακα

Νανοτεχνολογία

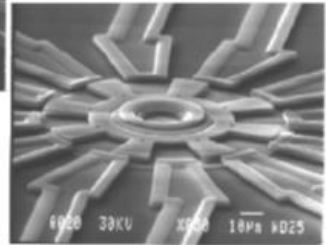
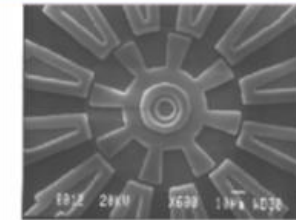
- Μεθόδοι λιθογραφίας και εγχάραξης στη μικροκλίμακα-νανοκλίμακα (Μικρομηχανική)

Λιθογραφία: μεταφορά σχημάτων πάνω σε κατάλληλη φωτοευαίσθητη ρητίνη και διάνοιξη παραθύρων ώστε να μπορεί να γίνει αφαίρεση ή προσθήκη υλικού- Η λιθογραφία πραγματοποιείται με ακτινοβολία κατάλληλου μήκους κύματος όπου καθορίζει τη διακριτική ικανότητα των σχημάτων (υπεριώδης για υπομικρονικές διαστάσεις , ηλεκτρονική δέσμη για νανοδιαστάσεις)



Παράδειγμα μικρομηχανικού επιταχυνσιόμετρου

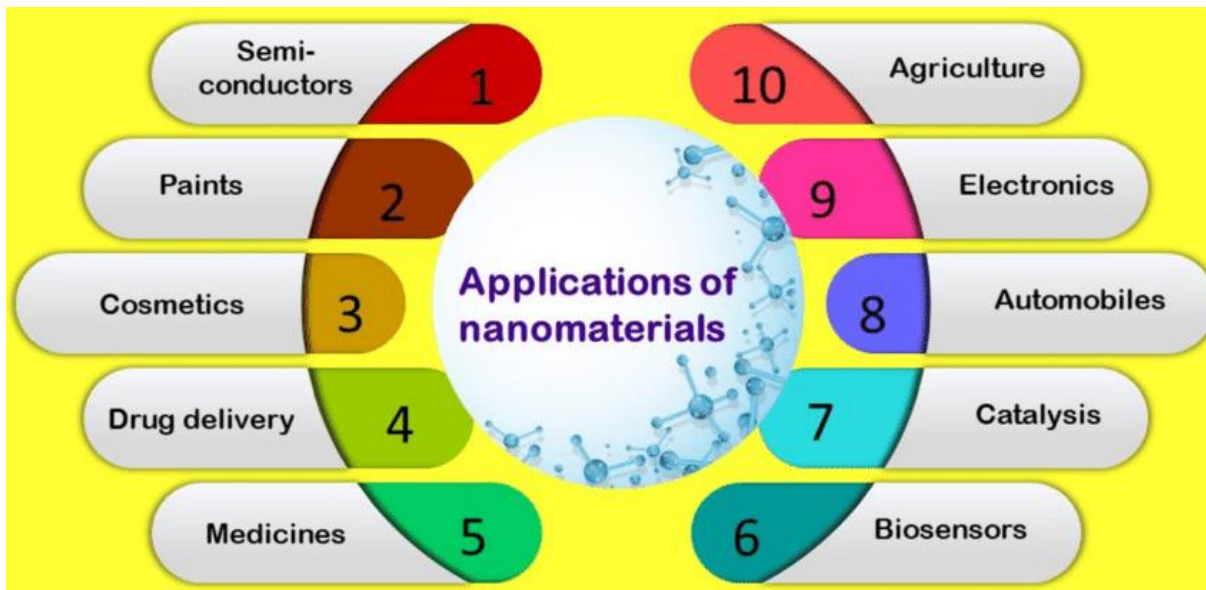
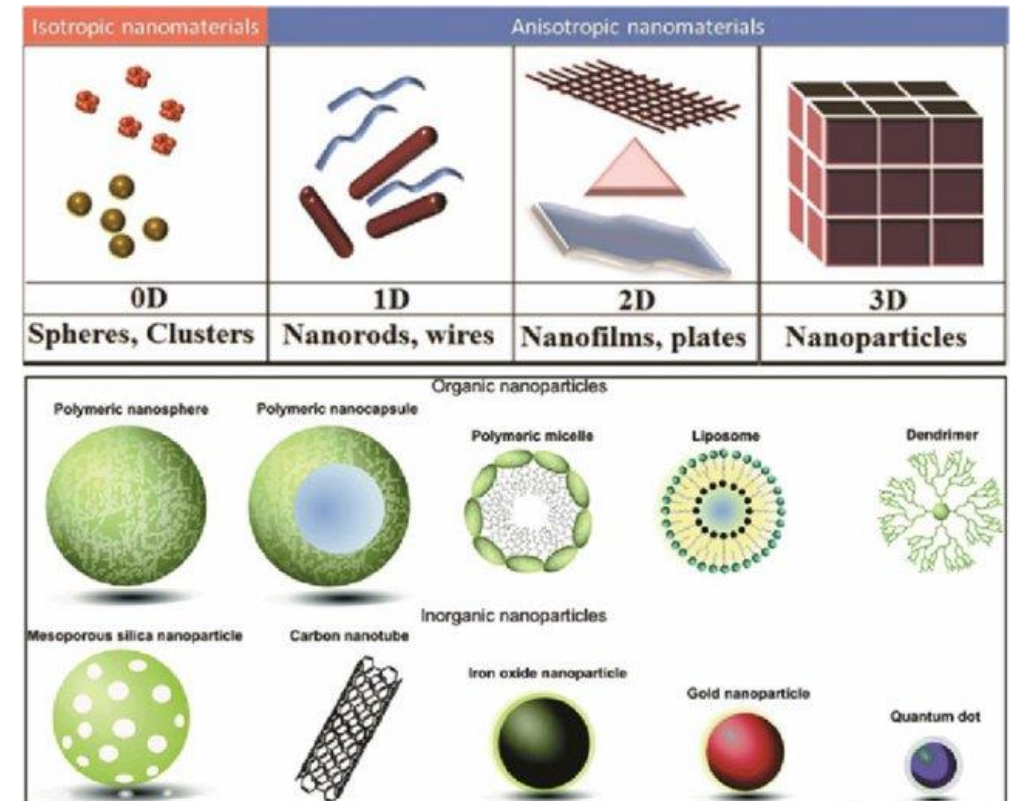
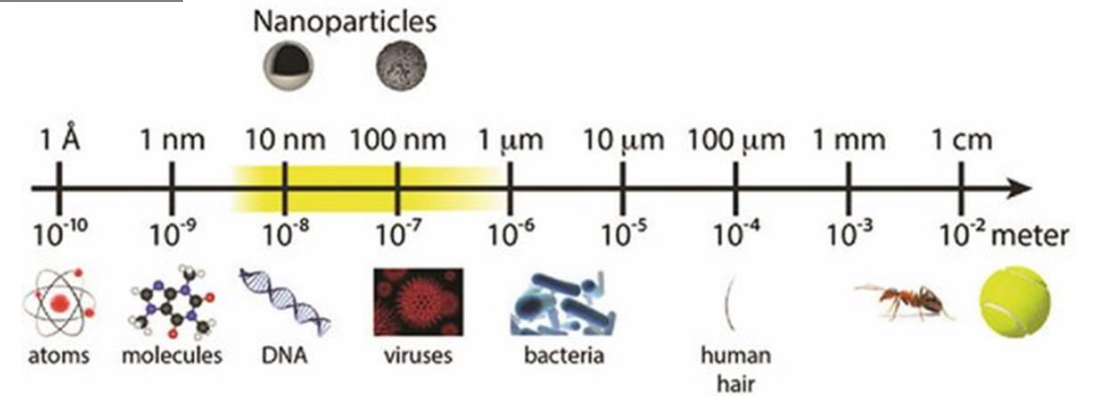
Ηλεκτροστατικά Μικρο-μοτέρ



Παράδειγμα προσθήκης υλικού με εναπόθεση μετά από διάνοιξη παραθύρων μέσω λιθογραφίας

Νανοτεχνολογία-Νανουλικά

- Το πάντρεμα της Φυσικής Συμπυκνωμένης Ύλης με τη Χημεία και τη Βιολογία οδηγούν την Τεχνολογία των Υλικών σε διαστάσεις στη νανοκλίμακα, όπου είναι δυνατή πλέον η κατασκευή νανοδιατάξεων με εφαρμογές στην διάγνωση (διατάξεις Point of Care-POC), ιατρική-drug delivery, βιομηχανία τροφίμων κλπ).



Μία λίστα βραβείων Nobel που σχετίζονται με τη Φυσική της Συμπυκνωμένης Ύλης

Στη λίστα των Nobel που ακολουθεί διαπιστώνουμε ότι:

- Το πείραμα και η θεωρία διαχρονικά βαδίζουν χέρι-χέρι στην ανάπτυξη της Φυσικής Συμπυκνωμένης Ύλης.
- Άλλοτε προηγήθηκε το πείραμα της θεωρίας - Το παράδειγμα της υπεραγωγιμότητας: Ο Kimmerling Onnes παρατήρησε πειραματικά την αγωγιμότητα το 1908. Μετά από 50 χρόνια οι Bardeen, Cooper, Schrieffer το 1957 δίνουν μια ολοκληρωμένη θεωρία για την υπεραγωγιμότητα.
- Άλλοτε προηγήθηκε η θεωρία του πείραματος – Το παράδειγμα του συμπυκνώματος Bose-Einstein: Προηγήθηκε η θεωρητική πρόβλεψη από τον Einstein και πραγματοποιήθηκε πειραματικά μετά πάνω από μισό αιώνα από τους Cornell, Wieman, Katterle.
- Άλλοτε η θεωρία αναπτύχθηκε σχεδόν ταυτόχρονα με το πείραμα και την τεχνολογία- Το παράδειγμα της ανάπτυξης στη Φυσική των Ημιαγωγών: Τεχνολογία ανάπτυξης καλής ποιότητας κρυσταλλικών ημιαγωγών και υμενίων ώθησε για το Πείραμα και τη Θεωρία.
- Η διεπιστημονικότητα που διακρίνει τη Φυσική Συμπυκνωμένης Ύλης (κυρίως με τη Χημεία)

Μία λίστα βραβείων Nobel που σχετίζονται με τη Φυσική της Συμπυκνωμένης Ύλης

Λέιζερ και οπτικές μέθοδοι: 1964, 1971, 1981, 1997, 2005, 2009, 2014, 2023

Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο και μικροσκόπιο σάρωσης σήραγγας (STM): 1986

Τρανζίστορ και άλλες διατάξεις: 1973, 2000, 2007, 2009

Υπεραγωγιμότητα :1972, 1973, 1985, 1987, 2003

Κβαντικό και Κλασματικό φαινόμενο Hall: 1985, 1998

Φαινόμενα σε χαμηλές θερμοκρασίες (BEC): 1962, 1996, 2001, 2003

Θεωρία : 1962, 1972, 1977, 1982, 1991, 2003, 2016

Νέα υλικά :1987, 2007, 2010

Χημεία: 1996, 2000, 2011

ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΣΠΟΥΔΩΝ

Για την απόκτηση του πτυχίου απαιτούνται τα εξής:

- Η παρακολούθηση 8 τουλάχιστον διδακτικών εξαμήνων.
- Η επιτυχής εξέταση στα
 - 18 υποχρεωτικά μαθήματα κορμού
 - 4 υποχρεωτικά εργαστήρια κορμού
 - 3 μαθήματα επιλογής κορμού. Ανάλογα με την κατεύθυνση που έχει επιλέξει ο φοιτητής, η τριάδα αυτή πρέπει να περιλαμβάνει ένα ή δύο συγκεκριμένα μαθήματα (από τα συνολικά πέντε προσφερόμενα μαθήματα επιλογής κορμού)
 - 3 μαθήματα εισαγωγής κατεύθυνσης (και τα ενσωματωμένα εργαστήρια)
 - 2 υποχρεωτικά μαθήματα της κατεύθυνσης
 - 1 εργαστήριο της κατεύθυνσης
 - 2 μαθήματα επιλογής κατεύθυνσης
 - 3 μαθήματα ελεύθερης επιλογής.
- Η εκπόνηση πτυχιακής εργασίας ή, εναλλακτικά, η επιτυχής εξέταση και στα υπόλοιπα 2 μαθήματα εισαγωγής κατεύθυνσης (και τα ενσωματωμένα εργαστήρια).
- Η συμπλήρωση κατ' ελάχιστο 240 ECTS.

ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΚΟΡΜΟΥ - 5^Η ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΦΥΣΙΚΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΕΝΗΣ ΥΛΗΣ

ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΚΟΡΜΟΥ		Ώρες/εβ.	ECTS
10ΕΚΟ01	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΙΙ	5	7
10ΕΚΟ02	ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ ΙΙ	5	7
10ΕΚΟ03	ΚΒΑΝΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΙΙ*	5	7
10ΕΚΟ04	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΙΙ	5	7
10ΕΚΟ05	ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ	5	7

***ΚΒΑΝΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΙΙ υποχρεωτικό της 5^{ης} κατεύθυνσης και δύο οποιαδήποτε άλλα μαθήματα επιλογής κορμού**

ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΣΤΙΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ - 5^Η ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΦΥΣΙΚΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΕΝΗΣ ΥΛΗΣ

ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΣΤΙΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ		Ώρες/εβ.	ECTS
10ΕΚΑ01	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΑΣΤΡΟΦΥΣΙΚΗ	5 + 1 ΕΡΓ	7
10ΕΚΑ02	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ	5 + 1 ΕΡΓ	7
10ΕΚΑ03	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ	5 + 1 ΕΡΓ	7
10ΕΚΑ04	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΙ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ	5 + 1 ΕΡΓ	7
10ΕΚΑ05	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ ΣΤΕΡΕΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	5 + 1 ΕΡΓ	7

- ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ ΣΤΕΡΕΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ υποχρεωτικό της 5^{ης} κατεύθυνσης
- Οι φοιτητές που δεν θέλουν να εκπονήσουν πτυχιακή εργασία παίρνουν υποχρεωτικά και τις 5 εισαγωγές
- Οι φοιτητές που θέλουν να εκπονήσουν πτυχιακή εργασία παίρνουν επιπλέον 2 μαθήματα εισαγωγής ως ελεύθερες επιλογές

ΥΠΟΧΡΕΩΤΙΚΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ 5^{ης} ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ: ΦΥΣΙΚΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΕΝΗΣ ΥΛΗΣ

ΥΠΟΧΡΕΩΤΙΚΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ 5 ^{ης} ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ		Ώρες/εβ.	ECTS
10ΥΚ501	ΚΒΑΝΤΙΚΗ ΟΠΤΙΚΗ ΚΑΙ LASERS	4	6
10ΥΚ502	ΦΥΣΙΚΗ ΣΤΕΡΕΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	4	6
10ΥΚ503	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΕΝΗΣ ΥΛΗΣ	4	6

- Οι φοιτητές παίρνουν υποχρεωτικά τα 2 υποχρεωτικά μαθήματα κατεύθυνσης και το εργαστήριο κατεύθυνσης
- Οι φοιτητές μπορούν να πάρουν οποιοδήποτε άλλο υποχρεωτικό μάθημα από τις άλλες κατευθύνσεις ως ελεύθερη επιλογή

10ΥΚ502. ΦΥΣΙΚΗ ΣΤΕΡΕΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

- Κίνηση φορτισμένων φορέων σε περιοδικά δυναμικά: Θεώρημα Bloch, ενεργειακές ζώνες, προσέγγιση ισχυρά δέσμιου ηλεκτρονίου, υπόδειγμα Kronig-Penney.
- Μέταλλα-φαινόμενα μεταφοράς: Εξίσωση μεταφοράς του Boltzmann, στατιστική Fermi-Dirac, ενέργεια Fermi, πυκνότητα καταστάσεων, μοντέλα Drude, Lorentz, Sommerfeld, νόμος του Ohm, εξάρτηση αγωγιμότητας από τη θερμοκρασία, θερμική αγωγιμότητα, νόμος Wiedemann-Franz.
- Ημιαγωγοί-χαρακτηριστικά και φαινόμενα μεταφοράς: Ενεργός μάζα, καμπύλωση ζωνών, στατιστική φορέων σε ισορροπία, φαινόμενα μεταφοράς-ολίσθηση-διάχυση, φαινόμενο Hall.
- Μαγνητισμός: Διαμαγνητισμός, παραμαγνητισμός, σιδηρομαγνητισμός.

10ΥΚ501. ΚΒΑΝΤΙΚΗ ΟΠΤΙΚΗ ΚΑΙ LASERS

- 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 και εγκάρσιοι ΗΜ τρόποι, είδη LASER.

10ΥΚ503. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΕΝΗΣ ΥΛΗΣ

- Κύκλος Α: (α) Θεωρία της χαρακτηριστικής τάσης-ρεύματος επαφής ημιαγωγών p-n. Πειραματική διάταξη και διαδικασία μέτρησης. (β) Θεωρία των γραμμικών πλεγματικών ταλαντώσεων. Πειραματική διάταξη και διαδικασία μέτρησης.
- Κύκλος Β: (α) Θεωρία της υπεραγωγιμότητας υλικών χαμηλής και υψηλής κρίσιμης θερμοκρασίας. Πειραματική διάταξη και διαδικασία μέτρησης. (β) Θεωρία της θερμικής και ηλεκτρικής αγωγιμότητας στα μέταλλα. Πειραματική διάταξη και διαδικασία μέτρησης.
- Εκτέλεση άσκησης: Επαφή p-n.
- Εκτέλεση άσκησης: Γραμμικές πλεγματικές ταλαντώσεις.
- Εκτέλεση άσκησης: Υπεραγωγοί υψηλής κρίσιμης θερμοκρασίας.
- Εκτέλεση άσκησης: Σχέση θερμικής και ηλεκτρικής αγωγιμότητας στα μέταλλα.
- Εργαστηριακή εργασία και παρουσίαση.

ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ- 5^Η ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΦΥΣΙΚΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΕΝΗΣ ΥΛΗΣ

ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ 5 ^{ΗΣ} ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ		Ώρες/εβ.	ECTS
10ΕΚ501	ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΕΝΑ ΚΒΑΝΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	4	6
10ΕΚ502	ΦΥΣΙΚΗ ΤΩΝ ΜΟΡΙΩΝ ΚΑΙ ΝΑΝΟΪΛΙΚΩΝ	4	6
10ΕΚ503	ΦΥΣΙΚΗ ΧΑΛΑΡΗΣ ΥΛΗΣ	4	6
10ΕΚ511	ΦΥΣΙΚΗ ΣΤΕΡΕΟΥ ΦΛΟΙΟΥ ΤΗΣ ΓΗΣ *	4	6
10ΕΚ512	ΦΥΣΙΚΗ ΗΜΙΑΓΩΓΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ *	4	6

- Οι φοιτητές υποχρεούνται να πάρουν 2 μαθήματα επιλογής κατεύθυνσης από τον πιο πάνω πίνακα
- Τα δύο μαθήματα επιλογής κατεύθυνσης με (*) είναι μεταπτυχιακά που προσφέρονται και σε προπτυχιακούς

10ΕΚ501. ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΕΝΑ ΚΒΑΝΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

- Κβαντική θεωρία του μαγνητισμού. Η μαγνητική χαμιλτονιανή και το ηλεκτρονικό σπιν. Διαμαγνητισμός και παραμαγνητισμός.
- Φορμαλισμός δεύτερης κβάντωσης. Προέλευση της αυθόρμητης μαγνήτισης και των μαγνητικών αλληλεπιδράσεων.
- Πρότυπα περιγραφής μαγνητικών συστημάτων. Μορφές μαγνητικής τάξης: Σιδηρομαγνητισμός, αντισιδηρομαγνητισμός, διαμαγνητισμός. Μαγνόνια. Συσχετίσεις μαγνήτισης και μεταβάσεις μαγνητικής φάσης.
- Ελκτική αλληλεπίδραση ηλεκτρονίων. Ζεύγη Cooper.
- Μικροσκοπική θεωρία υπεραγωγιμότητας: Θεωρία BCS και Valatin-Bogoliubov. Ισοτοπικό φαινόμενο.
- Συσχετίσεις παραμέτρου τάξης και μετάβαση υπεραγώγιμης φάσης. Θεωρία μετάβασης φάσης Landau-Ginzburg.

10ΕΚ502. ΦΥΣΙΚΗ ΤΩΝ ΜΟΡΙΩΝ ΚΑΙ ΝΑΝΟΪΛΙΚΩΝ

- Ηλεκτρονική δομή μορίων. Ιόν μορίου του υδρογόνου: Μέθοδος γραμμικού συνδυασμού ατομικών τροχιακών. Μόριο υδρογόνου: Μέθοδος μοριακών τροχιακών-δεσμού σθένους.
- Διατομικά μόρια: Ομοπυρηνικά-ετεροπυρηνικά. Πολυατομικά μόρια. Απεντοπισμός. Υβριδισμός.
- Κίνηση των πυρήνων διατομικού μορίου. Περιστροφή. Ταλάντωση. Ταλάντωση-περιστροφή. Μοριακά φάσματα. Φαινόμενο Raman. Ηλεκτρονικές μεταπτώσεις: Αρχή Franck-Condon.
- Μέθοδος ισχυρού δεσμού πολλών τροχιακών/μοναδιαία κυψελίδα. Ηλεκτρονική δομή πολυακετυλενίου. Γραφένιο: Ενεργειακές ζώνες π και σ , σχέση διασποράς.
- Νανοσωλήνες άνθρακα: Ηλεκτρονική δομή (αναδίπλωση ζωνών, συνθήκη μεταλλικότητας). Πυκνότητα καταστάσεων. Ενεργειακές μεταπτώσεις. Φαινόμενα μεγέθους.
- Μέθοδοι απεικόνισης νανοϋλικών: Μικροσκοπία ατομικών δυνάμεων σήραγγας- κοντινού οπτικού πεδίου.

10ΕΚ503. ΦΥΣΙΚΗ ΤΗΣ ΧΑΛΑΡΗΣ ΥΛΗΣ

- Τι είναι η χαλαρή ύλη. Διαμοριακές αλληλεπιδράσεις. Διεπιφάνειες.
- Μεσοφάσεις. Μεσογόνα μόρια. Τάξη. Παρεκκλίσεις. Ελαστικότητα. Πρόσδεση. Αλλαγές φάσης. Φυσικές ιδιότητες. Μετάπτωση του Fredericks. Υγροκρυσταλλικές οθόνες.
- Αμφίφιλα. Μικκύλια. Παράγοντας σχήματος. Υπερμοριακή οργάνωση. Μεμβράνες. Κυστίδια. Ελαστικότητα καμπυλότητας.
- Διαλύματα. Ηλεκτρολύτες. Διπλοστιβάδα. Θωρακισμένο δυναμικό. Θεωρία των Poisson-Boltzmann. Προσέγγιση των Debye-Huckel.
- Κolloειδή. Κίνηση Brown. Εξίσωση Langevin. Θεωρία DLVO. Σταθεροποίηση. Κινητική κροκίδωσης. Ωσμωτική πίεση με αλληλεπιδράσεις. Ηλεκτροκινητικά φαινόμενα.
- Πολυμερή-μακρομόρια. Μοντέλα αλυσίδας. Ενέργεια. Εντροπία. Γυροσκοπική ακτίνα. Μήκος Kahn. Μήκος ακαμψίας. Θεωρία των Flory - Huggens. Θερμοκρασία-θ. Αυτοαποφυγή. Αυτοομοιότητα. Εκθέτες Flory. Πρωτεΐνες. Μεταπτώσεις νήμα - σφαίρα και νήμα-έλικα.

10ΕΚ511. ΦΥΣΙΚΗ ΣΤΕΡΕΟΥ ΦΛΟΙΟΥ ΤΗΣ ΓΗΣ (μεταπτυχιακό)

- Εισαγωγή στη φυσική της Γης. Βαθμίδες πίεσεως και θερμοκρασίας στο εσωτερικό της Γης. Θεωρία Grüneisen. Αρμονικότητα-αναρμονικότητα. Τήξη.
- Ετερογένεια και φαινόμενα μεταφοράς.
- Μηχανικές ιδιότητες των υλικών της Γης.
- Σεισμικά κύματα και δομή του στερεού φλοιού της Γης.
- Το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο στο στερεό φλοιό της Γης.
- Ηλεκτρομαγνητικές ιδιότητες των υλικών του στερεού φλοιού της Γης.
- Ηλεκτρικές και ηλεκτρομαγνητικές μέθοδοι διασκόπησης.
- Εισαγωγή στη φυσική των προσεισμικών ηλεκτρικών σημάτων.

10ΕΚ512. ΦΥΣΙΚΗ ΗΜΙΑΓΩΓΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ (μεταπτυχιακό)

- Ημιαγωγοί σε ισορροπία.
- Φαινόμενα μεταφοράς.
- Επιπλέον φορείς σε κατάσταση μη ισορροπίας στους ημιαγωγούς.
- Επαφή p-n.
- Επαφή μετάλλου – ημιαγωγού: Ωμική, Schottky.
- Ετεροεπαφές: Κβαντικό πηγάδι και τρόποι δημιουργίας του.
- Επαφή MIS και MOS.
- Τρανζίστορ επίδρασης πεδίου (JFET, MESFET).
- Τρανζίστορ MOSFET.

ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ

- Οι φοιτητές για την απόκτηση του πτυχίου τους μπορούν να πάρουν 3 μαθήματα ελεύθερης επιλογής από το Φυσικό Τμήμα ή άλλα τμήματα του ΕΚΠΑ
- Τα μαθήματα ελεύθερης επιλογής παρατίθενται στους πιο κάτω πίνακες ανά τμήμα

ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ		ΩΡΕΣ/ΕΒΔ	ECTS
Από το Τμήμα Φυσικής			
10ΕΛΕ01	ΑΤΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΜΟΡΙΑΚΗ ΦΥΣΙΚΗ	4	6
10ΕΛΕ02	ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ	4	6
10ΕΛΕ03	ΟΠΤΙΚΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	4	6
10ΕΛΕ04	ΘΕΩΡΙΑ ΟΜΑΔΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	4	6
10ΕΛΕ05	ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΗΣ ΥΛΗΣ	4	6
10ΕΛΕ06	ΜΗ ΓΡΑΜΜΙΚΑ ΔΥΝΑΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	4	6

ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ

Από το Τμήμα Μαθηματικών

10ΕΛΕ11	ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	6	9
10ΕΛΕ12	ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ II	6	9

Από το Τμήμα Πληροφορικής & Τηλεπικοινωνιών

10ΕΛΕ21	ΘΕΩΡΙΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΚΩΔΙΚΩΝ	4	6
---------	-----------------------------------	---	---

Από το Τμήμα Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος

10ΕΛΕ31	ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ	4	6
---------	---------------------	---	---

ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ

Από το Τμήμα Χημείας

10ΕΛΕ41	ΧΗΜΕΙΑ	4	6
10ΕΛΕ42	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΗΜΕΙΑΣ	4	6

Από το Τμήμα Βιολογίας

10ΕΛΕ51	ΘΕΜΑΤΑ ΣΥΓΧΡΟΝΗΣ ΚΥΤΤΑΡΙΚΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ	4	6
---------	---------------------------------------	---	---

Από το Τμήμα Ιστορίας και Φιλοσοφίας της Επιστήμης

10ΕΛΕ61	ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ	4	6
---------	-------------------------------	---	---

Από το Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης

10ΕΛΕ71	ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ	4	6
---------	-----------------------------	---	---

- Ως μαθήματα ελεύθερης επιλογής μπορούν να ληφθούν επίσης:
 1. Τα επιπλέον μαθήματα επιλογής κορμού
 2. Τα επιπλέον εισαγωγικά μαθήματα κατευθύνσεων
 3. Οποιοδήποτε άλλο μάθημα από οποιαδήποτε κατεύθυνση

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Πτυχιακή εργασία ή πρόσθετες εισαγωγές στις κατευθύνσεις. Κατά τα δύο τελευταία εξάμηνα (Ζ' και Η') των σπουδών προβλέπεται η δυνατότητα εκπόνησης πτυχιακής εργασίας στην κατεύθυνση που έχει επιλέξει ο φοιτητής, υπό την επίβλεψη υπεύθυνου καθηγητή, η οποία αντιστοιχεί σε 14 ECTS. Αν κάποιος φοιτητής επιλέξει να μην κάνει πτυχιακή εργασία, πρέπει να συμπληρώσει και τα 5 μαθήματα εισαγωγής στις κατευθύνσεις, με απόλυτη αντιστοιχία στα ECTS.

<https://eclass.uoa.gr/courses/PHYS336/>

ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΔΕΝ ΠΡΟΣΜΕΤΡΩΝΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΚΤΗΣΗ ΠΤΥΧΙΟΥ

Μαθήματα που δεν προσμετρώνται για την απόκτηση πτυχίου		ECTS
10ΕΡΕ01	ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ I	3
10ΕΡΕ02	ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ II	3
10ΕΡΕ03	ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ III	3
10ΕΡΕ04	ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ IV	3
10ΠΡΑΣΚ	ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΑΣΚΗΣΗ	5

- **Ερευνητική εργασία:** Υπάρχει η δυνατότητα εκπόνησης ερευνητικής εργασίας υπό την επίβλεψη ενός μέλους ΔΕΠ, σε κάποιο ερευνητικό θέμα πριν ή επιπροσθέτως της όποιας πτυχιακής εργασίας. Το μάθημα αυτό αποδίδει 3 μονάδες ECTS σε όσους φοιτητές το επιλέξουν, αλλά οι μονάδες αυτές **δεν προσμετρώνται στον ελάχιστο αριθμό μονάδων ECTS που απαιτούνται για τη λήψη πτυχίου**. Οι φοιτητές μπορούν να πάρουν ερευνητική εργασία πέραν της μίας φορές (δηλαδή για παραπάνω από ένα εξάμηνο – συνολικά μέχρι 4 φορές – με διαφορετικό κωδικό) αν συνεχίζουν την εργασία ή αν αναλάβουν νέα εργασία με το ίδιο ή άλλο μέλος ΔΕΠ. Οι ερευνητικές εργασίες αναγράφονται στο Παράρτημα Διπλώματος.
- **Πρακτική άσκηση:** Παράλληλα με τις σπουδές τους, οι φοιτητές έχουν τη δυνατότητα να εκτελέσουν Πρακτική Άσκηση σε επιλεγμένους φορείς υποδοχής από το Δημόσιο και τον Ιδιωτικό Τομέα, με αμοιβή μέσω του Εταιρικού Συμφώνου για το Πλαίσιο Ανάπτυξης (ΕΣΠΑ), έτσι ώστε να έλθουν σε μια πρώτη επαφή με τις πραγματικές συνθήκες εργασίας. Η Πρακτική Άσκηση εντάσσεται στα μαθήματα ελεύθερης επιλογής του ΣΤ εξαμήνου (κωδικός μαθήματος ΠΡΑΣΚ), έχει διάρκεια δύο (2) μήνες και αντιστοιχεί σε πέντε (5) ECTS. Δεν προσμετράται στα μαθήματα που απαιτούνται για την απόκτηση του πτυχίου, αλλά αναγράφεται στο Παράρτημα Διπλώματος.

ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ERASMUS+Σπουδές:

- Επιχορηγεί την κινητικότητα φοιτητών με σκοπό να φοιτήσουν για ένα διάστημα σε ευρωπαϊκά Πανεπιστήμια. Η μετακίνηση φοιτητών γίνεται μόνο μέσω των διμερών συμφωνιών του Τμήματος Φυσικής του ΕΚΠΑ και **η διάρκεια φοίτησης δεν μπορεί να ξεπερνά το ένα ακαδημαϊκό εξάμηνο ανά φοιτητή, ενώ η ελάχιστη διάρκεια σπουδών είναι τρεις μήνες.**
- Προϋπόθεση συμμετοχής των προπτυχιακών φοιτητών στο πρόγραμμα Erasmus+ είναι να είναι εγγεγραμμένοι τουλάχιστον στο 2ο έτος σπουδών τη στιγμή που υποβάλουν την αίτηση και να έχουν εξετασθεί επιτυχώς σε τουλάχιστον οκτώ (8) μαθήματα και δύο (2) εργαστήρια. Οι φοιτητές που βρίσκονται στο τελευταίο έτος φοίτησης ή είναι επί πτυχίω έχουν δικαίωμα συμμετοχής μόνον αν χρωστούν ικανό αριθμό μαθημάτων τα οποία να αντιστοιχούν σε τουλάχιστον 30 ECTS, ώστε να έχουν μεγαλύτερη δυνατότητα επιλογής μαθημάτων από το πρόγραμμα σπουδών του Πανεπιστημίου υποδοχής και αντίστοιχα αναγνώρισής τους στο ΕΚΠΑ.
- Επίσης, απαιτείται πιστοποιητικό γλωσσομάθειας τουλάχιστον στο επίπεδο B2 (σύμφωνα με την κλίμακα γλωσσομάθειας του Κοινού Ευρωπαϊκού Πλαισίου Αναφοράς για τις Γλώσσες του Συμβουλίου της Ευρώπης) στη γλώσσα διδασκαλίας του Πανεπιστημίου υποδοχής. Περισσότερες πληροφορίες υπάρχουν στην ιστοσελίδα του Erasmus+: <http://www.interel.uoa.gr/erasmus/sm.html>.
- Επίσης το Τμήμα μας συμμετέχει στο πρόγραμμα CIVIS, ένα νέο δίκτυο δημόσιων ευρωπαϊκών πανεπιστημίων με σκοπό τη δημιουργία ενός Ευρωπαϊκού Πανεπιστημίου, το οποίο συγχρηματοδοτείται από το Erasmus+. Περισσότερες πληροφορίες υπάρχουν στην ιστοσελίδα του CIVIS: <https://civis.eu/el>

Για κάθε φοιτητή ορίζεται ο **Σύμβουλος Καθηγητής**, ο οποίος παρακολουθεί την πρόοδο του φοιτητή και τον συμβουλεύει για θέματα που αφορούν στη φοίτησή του στο ΠΜΣ.

Για το ακαδημαϊκό έτος 2025-2026 θα βρείτε το όνομα μέλους ΔΕΠ του Τμήματος που έχει οριστεί ως Σύμβουλος Καθηγητής στον πιο κάτω ιστότοπο.

https://www.phys.uoa.gr/fileadmin/depts/phys.uoa.gr/www/uploads/ANAKOINOSEIS/2025/September/Symboyloi_Kathigites_2025-26.pdf

Μπορείτε να βρείτε υλικό που αφορά το κάθε μάθημα στην ηλεκτρονική τάξη του ΕΚΠΑ, εφόσον κάνετε εγγραφή στο αντίστοιχο μάθημα με το ιδρυματικό σας email:

<https://eclass.uoa.gr/>

Να χρησιμοποιείται μόνο το ιδρυματικό σας email σε κάθε επικοινωνίας σας με το Φυσικό Τμήμα και την ηλεκτρονική τάξη.

ΚΑΛΗ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ ΧΡΟΝΙΑ

ΚΑΙ

ΚΑΛΗ ΕΠΙΤΥΧΙΑ ΣΕ Ο,ΤΙ ΕΠΙΛΕΞΕΤΕ

ΩΣ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΣΤΟ ΟΠΟΙΟ ΘΑ ΕΜΒΑΘΥΝΕΤΑΙ