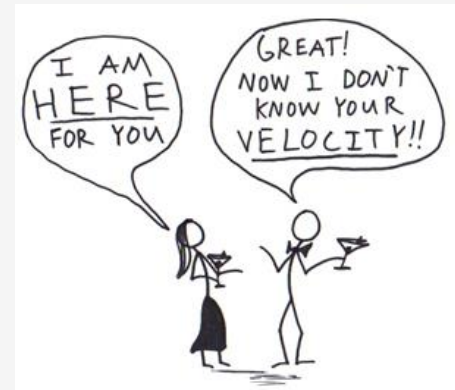


QUANTUM SPINOFF

ΣΤΑΘΜΟΙ ΜΑΘΗΣΗΣ



Ε. Χανιωτάκης
Ελληνογερμανική Αγωγή

- Γέφυρα μεταξύ της έρευνας στη σύγχρονη φυσική και της επιχειρηματικότητας στον τομέα της νανοτεχνολογίας
- 12 σταθμοί μάθησης χωρισμένοι σε δύο υποκατηγορίες:

- Μέρος Α' : Γιατί Κβαντική Φυσική (Σταθμοί I – V)

Προέλευση της κβαντικής φυσικής , ξεκινώντας με τα φαινόμενα που η κλασική φυσική δεν μπορούσε να εξηγήσει . Στους σταθμούς μάθησης βρίσκουμε τόσο κλασικές όσο και κβαντικές έννοιες , οι οποίες παρουσιάζονται παράλληλα. Επειδή οι κλασικές και οι κβαντικές έννοιες εναλλάσσονται η μία με την άλλη μέσα από τους σταθμούς μάθησης , όπως οι κλασικές έννοιες είναι απαραίτητες για να κατανοήσουμε σε βάθος τον κβαντικό κόσμο , προτείνουμε στο τέλος του κάθε κεφαλαίου την περίληψη των κύριων εννοιών κλασικής και κβαντικής φυσικής με τη μορφή μιας άσκησης.

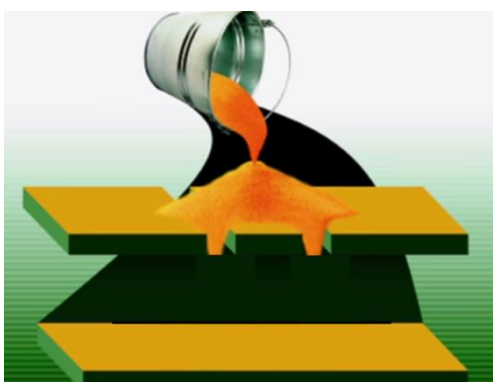
- Μέρος Β' : Κβαντικές Ιδιότητες και Τεχνολογία (Σταθμοί V – XII)

Στο μέρος 2 των μαθησιακών σταθμών εξερευνούμε την γέφυρα ανάμεσα στην κβαντική φυσική και τις τεχνολογικές της εφαρμογές. Θα χρησιμοποιήσουμε την γνώση που αποκτήσαμε με τους πρώτους πέντε σταθμούς μάθησης για να κατανοήσουμε περεταίρω τις κβαντικές ιδιότητες υλικών που μπορούν να εφαρμοστούν σε πολλές τεχνολογικές καινοτομίες.

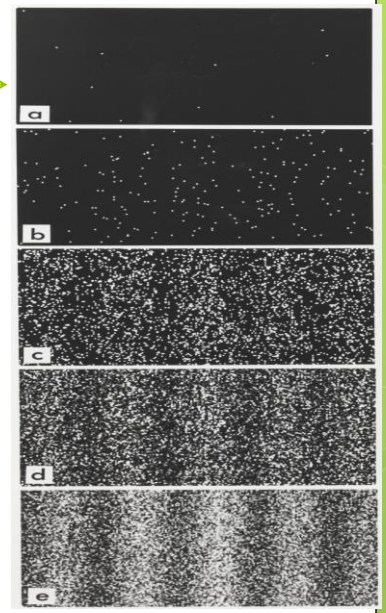
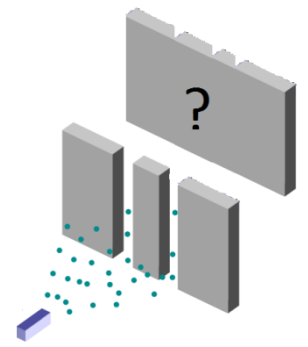
ΜΕΡΟΣ Α΄

ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΝΕΔΡΙΟ : "ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ
ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ", 9-10 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ,
ΕΛΛΗΝΟΓΕΡΜΑΝΙΚΗ ΑΓΩΓΗ

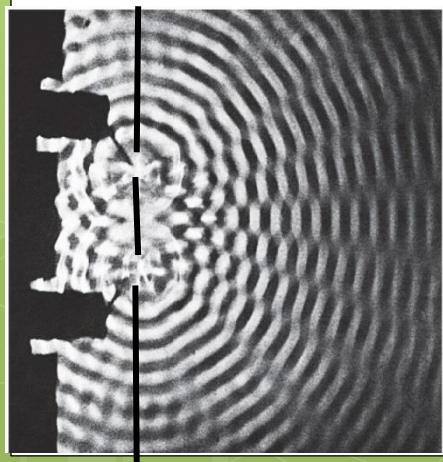
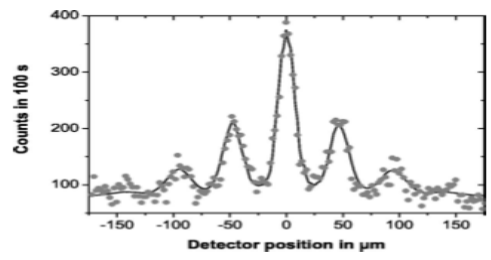
ΜΑΘΗΣΙΑΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ Ι :Ανεξήγητα φαινόμενα στην κλασσική φυσική;



Με άμμο



Η απώλεια της έννοιας της τροχιάς: Το πείραμα της διπλής οπής

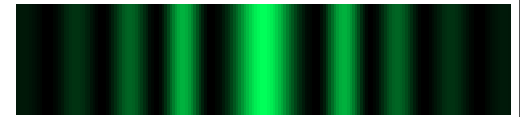


Με κύματα

Με μεγάλα μόρια

Με ηλεκτρόνια

Με φως

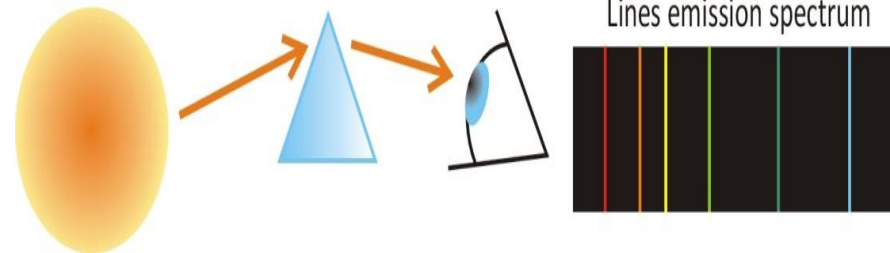


How to Conduct a Flame Test
with Dr. Anne Marie Helmenstine



Φάσματα εκπομπής και απορρόφησης των χημικών ουσιών

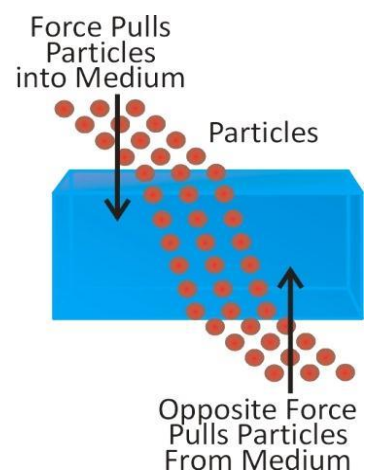
Φάσματα εκπομπής και απορρόφησης των στοιχείων



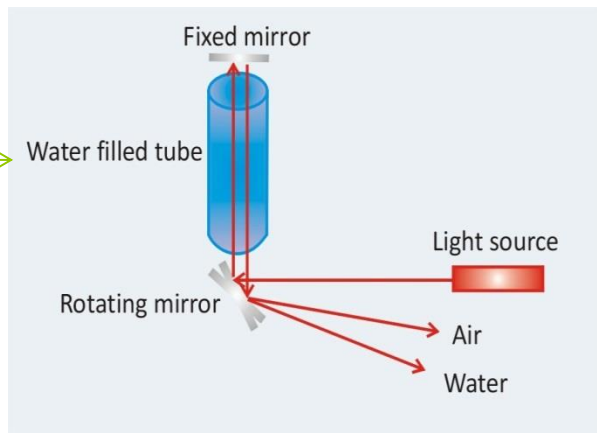
Πρωταρχική Εξήγηση και κατάρρευση του μοντέλου του Rutherford

ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΝΕΔΡΙΟ : "ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ
ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ", 9-10 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ,
ΕΛΛΗΝΟΓΕΡΜΑΝΙΚΗ ΑΓΩΓΗ

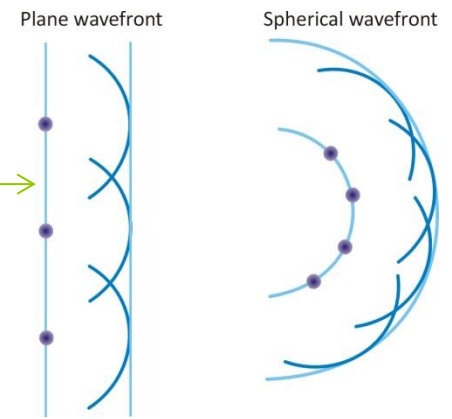
ΜΑΘΗΣΙΑΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ II: Τι είναι το φως;



Η Σωματιδιακή Θεωρία του Νεύτωνα για το φως



Το πείραμα του Φουκώ και η απόδειξη της κυματικής φύσης του φωτός



Η αρχή του Huygens και η ερμηνεία της περίθλασης



Το πείραμα της διπλής σχισμής για το φως κροσσοί συμβολής

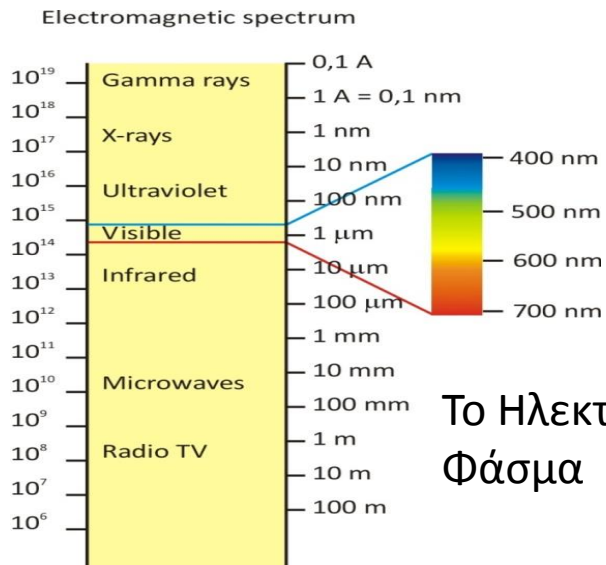
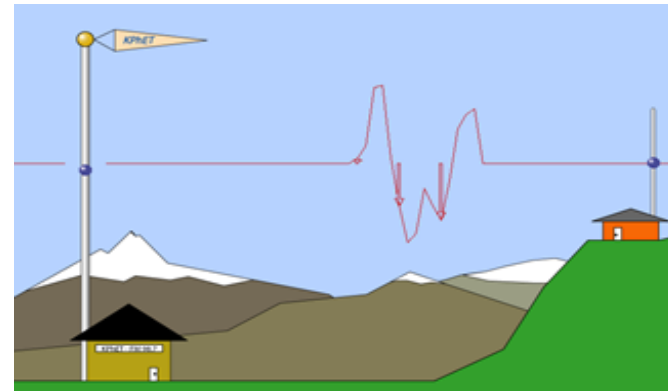
ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΝΕΔΡΙΟ : "ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ", 9-10 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ, ΕΛΛΗΝΟΓΕΡΜΑΝΙΚΗ ΑΓΩΓΗ

ΜΑΘΗΣΙΑΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ III: Τι ταλαντώνεται με το φως;



Ιδιότητες των κυμάτων

Το φως δεν χρειάζεται μέσο διάδοσης:
Τι πάλλεται; Περιγραφές του ΗΜ πεδίου

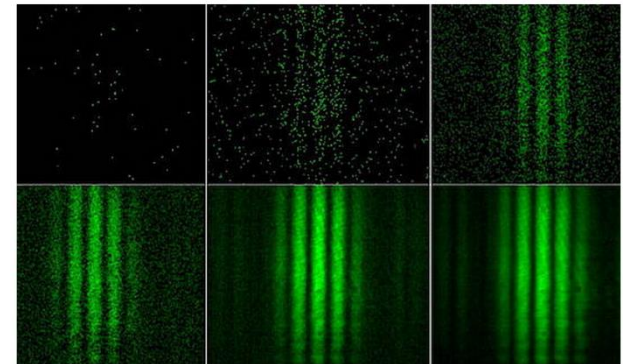
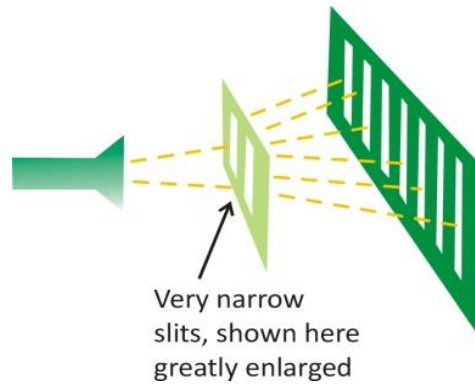


Το Ηλεκτρομαγνητικό Φάσμα

ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΝΕΔΡΙΟ : "ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ", 9-10 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ, ΕΛΛΗΝΟΓΕΡΜΑΝΙΚΗ ΑΓΩΓΗ

ΜΑΘΗΣΙΑΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ IV: ΔΥΑΔΙΚΟΤΗΤΑ ΚΥΜΑΤΟΣ - ΣΩΜΑΤΙΔΙΟΥ

Κυματοσωματιδιακός Δυϊσμός για το φως : Το φως διαδίδεται σε πακέτα (κβάντα) ενέργειας, τα φωτόνια



Θεμελιώδης εξίσωση του Planck για σύνδεση ενέργειας και συχνότητας του φωτός

$$E = h \cdot f$$

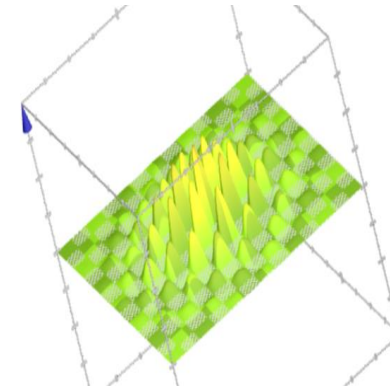
$$h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΝΕΔΡΙΟ : "ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ", 9-10 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ, ΕΛΛΗΝΟΓΕΡΜΑΝΙΚΗ ΑΓΩΓΗ



Σχέση του
De-Broglie

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$



Σωματίδια ως κυματοπακέτα

Εξαγωγή της σχέσης αβεβαιότητας του Heisenberg χρησιμοποιώντας την κυματική φύση των σωματιδίων κατά την δημιουργία ενός κυματοπακέτου από δύο επίπεδα κύματα που διαφέρουν κατά ένα κύκλο:

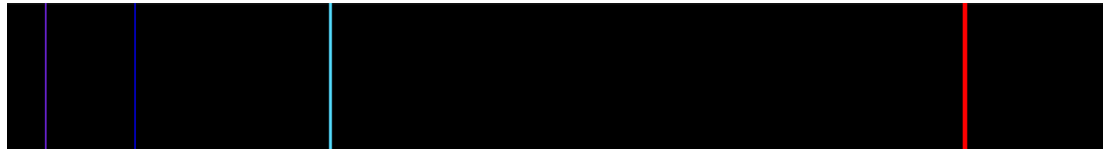
$$\Delta x \cdot \Delta p \geq h/4\pi$$

ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΝΕΔΡΙΟ : "ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ
ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ", 9-10 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ,
ΕΛΛΗΝΟΓΕΡΜΑΝΙΚΗ ΑΓΩΓΗ

Μαθησιακός Σταθμός V: Πρόβλεψη των γραμμών εκπομπής του υδρογόνου με ένα κβαντικό μοντέλο

Εξήγηση ενός από τα πρωταρχικά 'ακατανόητα' της κλασσικής φυσικής

Διακριτές γραμμές χρώματος που εκπέμπονται από το άτομο του υδρογόνου



Ο Εμπειρικός Τύπος του Balmer

$$f_{n_2 \rightarrow n_1} = cR \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΝΕΔΡΙΟ : "ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ
ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ", 9-10 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ,
ΕΛΛΗΝΟΓΕΡΜΑΝΙΚΗ ΑΓΩΓΗ

Στάσιμα Κύματα και «κλασσική κβάντωση»



Fundamental or first harmonic: f_1



First overtone or second harmonic: f_2

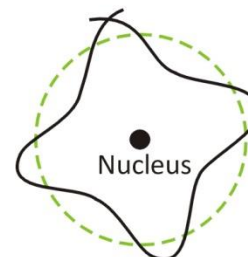
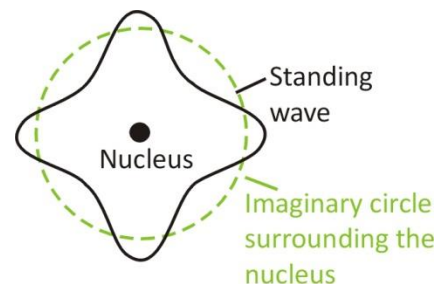


Second overtone or third harmonic: f_3



88
132
176
220
264
308
352
396
440

Στάσιμα Κύματα του ηλεκτρονίου στο άτομο του υδρογόνου



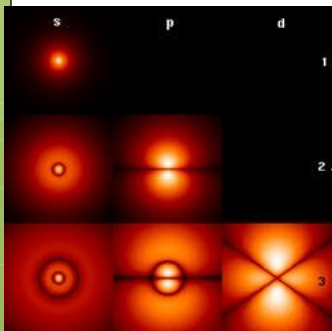
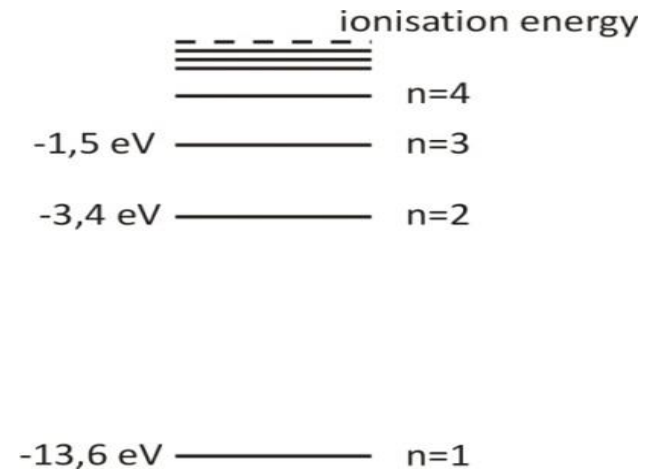
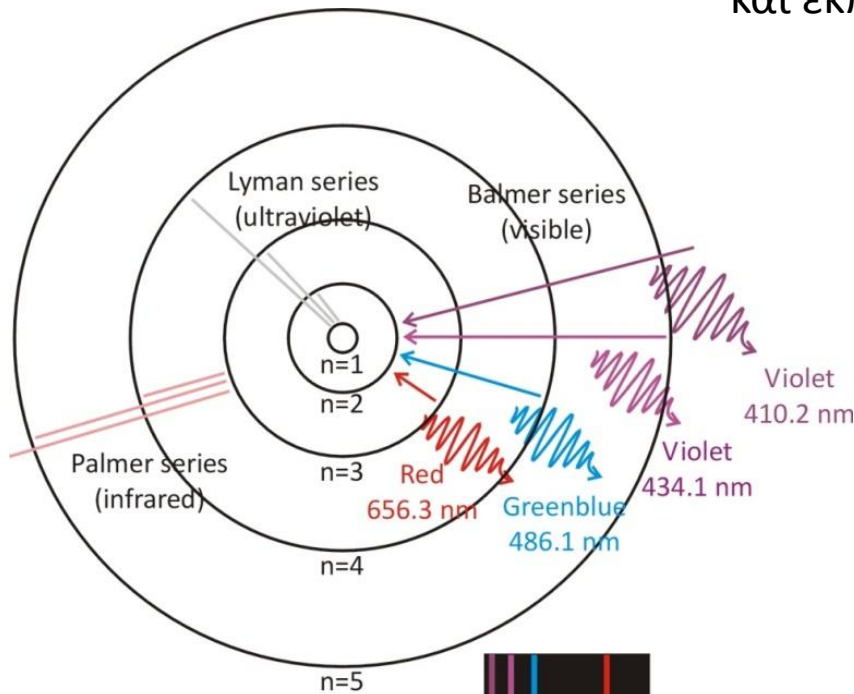
Χρήση της συνθήκης κβάντωσης :
ολική ενέργεια του ηλεκτρονίου είναι κβαντισμένη

$$E_{tot} = E_p + E_k = -\frac{1}{n^2} \frac{me^4}{8\epsilon_0^2 h^2}$$

ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΝΕΔΡΙΟ : "ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ", 9-10 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ, ΕΛΛΗΝΟΓΕΡΜΑΝΙΚΗ ΑΓΩΓΗ

Το μοντέλο του Bohr :

Κβαντισμένες ηλεκτρονικές μεταβάσεις και εκπομπή φωτονίων



Τρισδιάστατη γενίκευση Τροχιακά

ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΝΕΔΡΙΟ : "ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ", 9-10 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ, ΕΛΛΗΝΟΓΕΡΜΑΝΙΚΗ ΑΓΩΓΗ

ΜΕΡΟΣ Β'

ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΝΕΔΡΙΟ : "ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ
ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ", 9-10 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ,
ΕΛΛΗΝΟΓΕΡΜΑΝΙΚΗ ΑΓΩΓΗ

Μαθησιακός Σταθμός VI: Από το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο στην ψηφιακή απεικόνιση

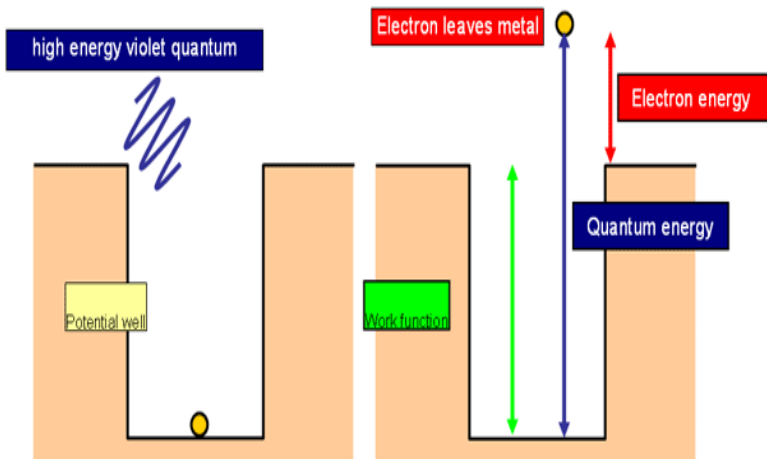
Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο:

Όταν φως με συχνότητα μεγαλύτερη ή ίση από μια καθορισμένη τιμή προσπέσει σε μεταλλική επιφάνεια, απελευθερώνει ηλεκτρόνια.

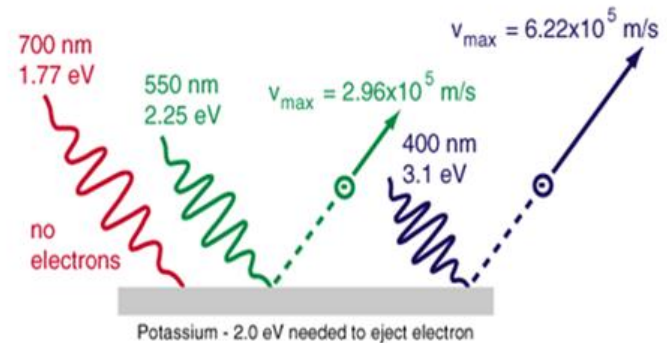
Απόδειξη της σωματιδιακής φύσης του φωτός



$$E = h f$$

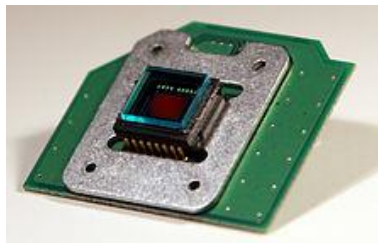


(Diagram: resourcefulphysics.org)



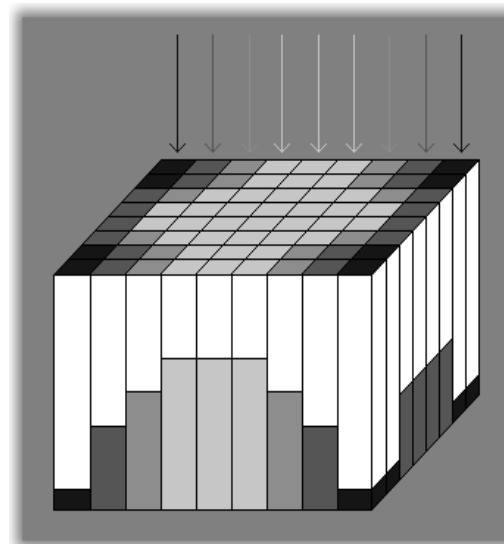
ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΝΕΔΡΙΟ : "ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ
ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ", 9-10 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ,
ΕΛΛΗΝΟΓΕΡΜΑΝΙΚΗ ΑΓΩΓΗ

Εφαρμογή στην κάμερα CCD



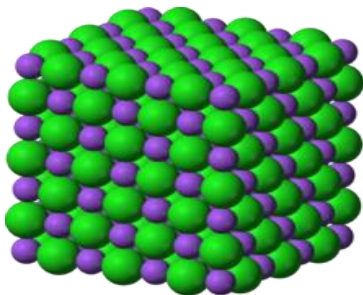
Η συσκευή συζευγμένου φορτίου (ΣΣΦ) είναι ένα τσιπ που μετατρέπει την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (φωτόνια) σε ηλεκτρικό σήμα (ηλεκτρόνια). Στην ψηφιακή σας φωτογραφική μηχανή θα το βρείτε πίσω από τον φακό.

Όταν ένα φωτόνιο πέφτει πάνω σε κάποιο τετράγωνο, απελευθερώνεται ένα ηλεκτρόνιο. Τα ηλεκτρόνια βρίσκονται αποθηκευμένα μέσα στα τείχη των photosite. Τα photosite που παράγουν περισσότερα ηλεκτρόνια, με αποτέλεσμα μεγαλύτερο ρεύμα, συσχετίζονται με τα πιο ανοιχτόχρωμα pixel στην τελική εικόνα και τα photosite που παράγουν μικρότερο αριθμό ηλεκτρονίων με τα σκούρα pixel.

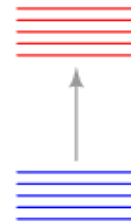


ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΝΕΔΡΙΟ : "ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ
ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ", 9-10 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ,
ΕΛΛΗΝΟΓΕΡΜΑΝΙΚΗ ΑΓΟΓΗ

Μαθησιακός Σταθμός VII: Ημιαγωγοί



Single atom

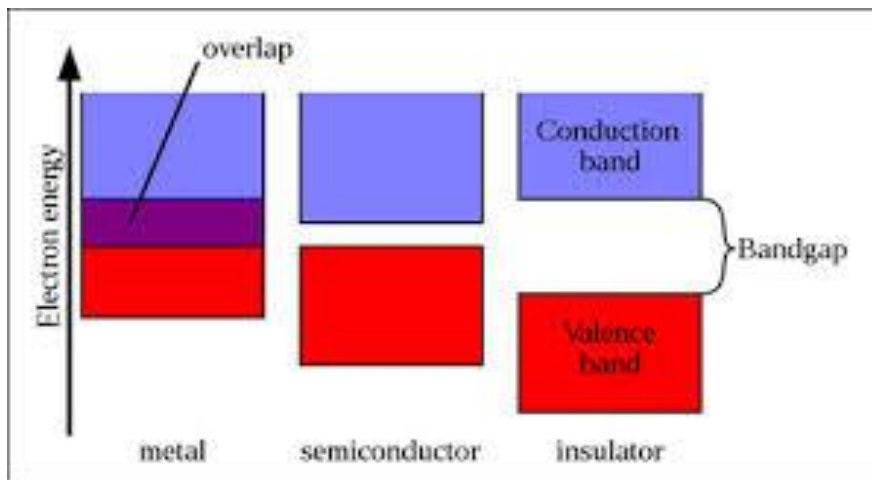


Five atoms
in close proximity



Multitudes of atoms
in close proximity

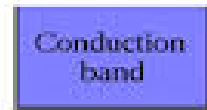
Ενεργειακά επίπεδα σε συστήματα πολλών ατόμων: Ενεργειακές ζώνες



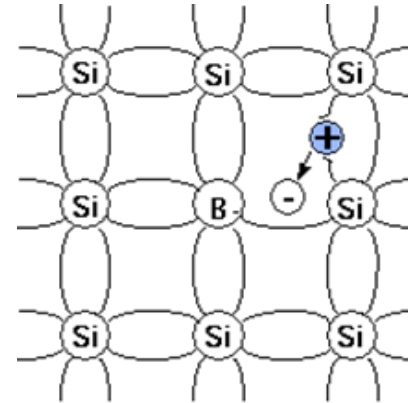
ΑΓΩΓΟΙ – ΗΜΙΑΓΩΓΟΙ- ΜΟΝΩΤΕΣ

ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΝΕΔΡΙΟ : "ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ
ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ", 9-10 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ,
ΕΛΛΗΝΟΓΕΡΜΑΝΙΚΗ ΑΓΩΓΗ

Εμπλουτισμός ημιαγωγού – ελάττωση του ενεργειακού χάσματος :
 Ημιαγωγοί τύπου – p (πρόσμιξη με στοιχεία με ένα ηλεκτρόνιο λιγότερο)



energy level of hole



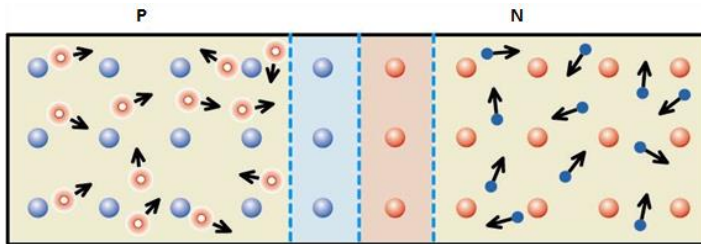
Ημιαγωγοί τύπου-n (πρόσμιξη με στοιχεία με ένα ηλεκτρόνιο επιπλέον)



energy level of additional electron



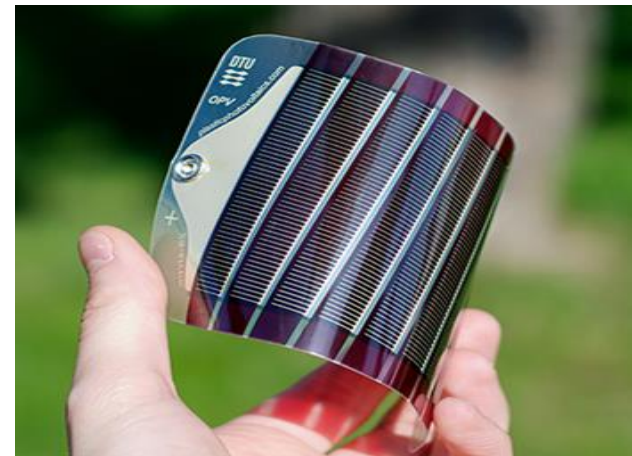
Εφαρμογή: Δίοδος



Εφαρμογή: LED

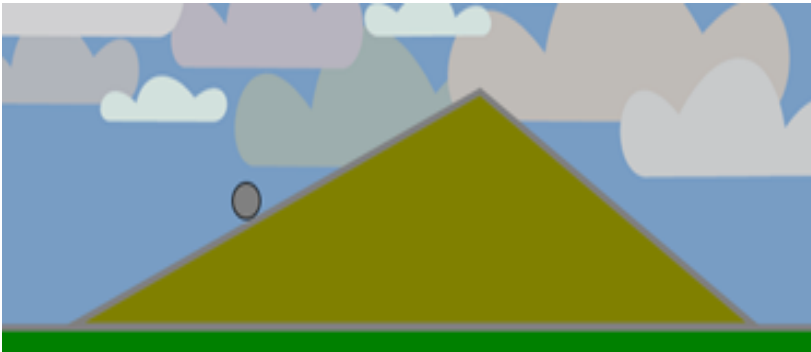


Εφαρμογή: Ηλιακό Κελί

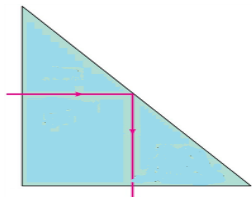


ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΝΕΔΡΙΟ : "ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ
ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ", 9-10 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ,
ΕΛΛΗΝΟΓΕΡΜΑΝΙΚΗ ΑΓΩΓΗ

Μαθησιακός Σταθμός VIII: Φαινόμενο Σήραγγας

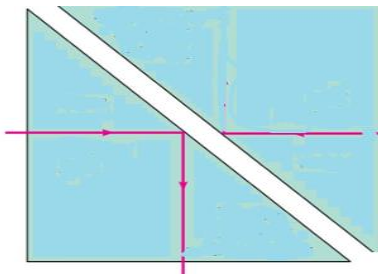


Τα κλασσικά σωματίδια δεν μπορούν να διανοίξουν σήραγγα λόγω της αρχής διατήρησης της ενέργειας.



Ολική Ανάκλαση
με πρίσμα

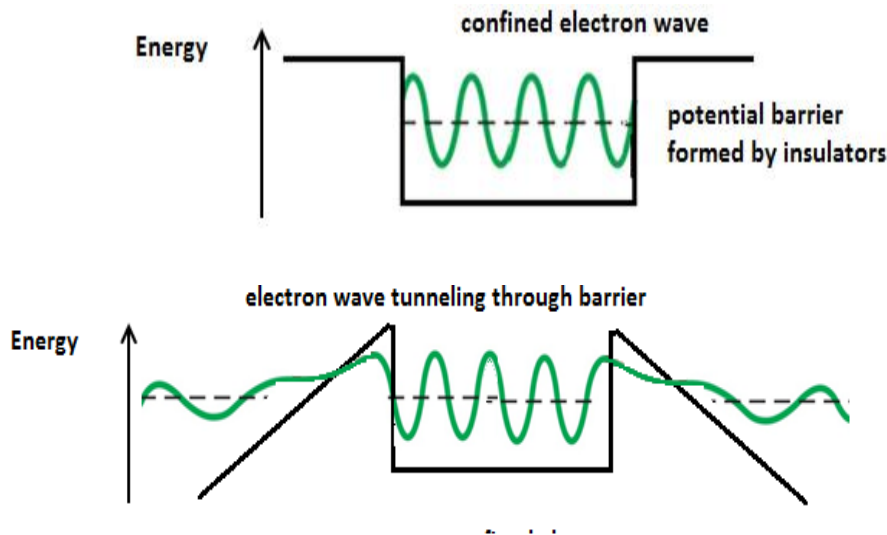
Φαινόμενο
σήραγγας
με ένα ποτήρι νερό



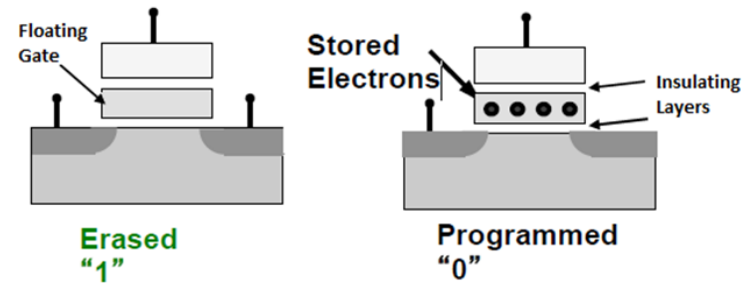
Αν τοποθετηθεί δεύτερο πρίσμα
θα υπάρξει διερχόμενο φως!
Φαινόμενο Σήραγγας
στην οπτική-κυματική!

ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΝΕΔΡΙΟ : "ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ
ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ", 9-10 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ,
ΕΛΛΗΝΟΓΕΡΜΑΝΙΚΗ ΑΓΟΓΗ

Φαινόμενο σήραγγας στον μικρόκοσμο



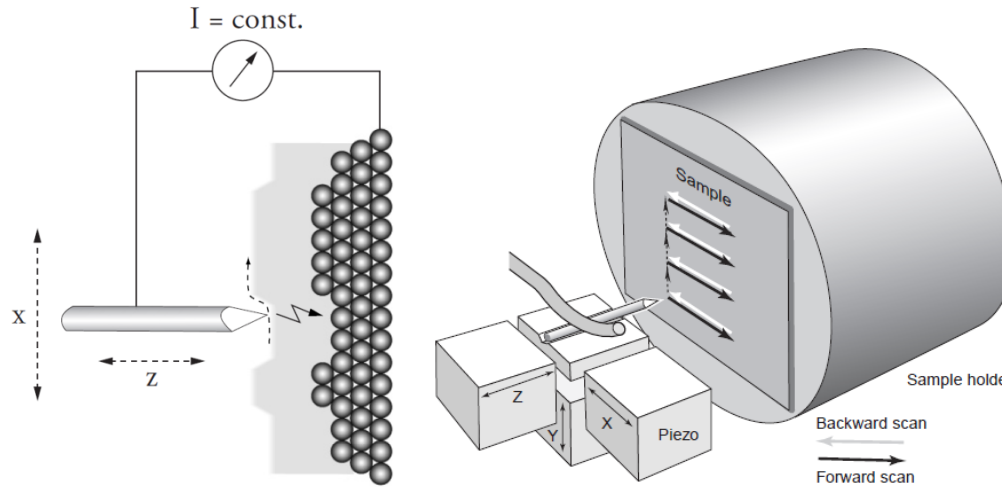
Εφαρμογή: Μνήμη Flash



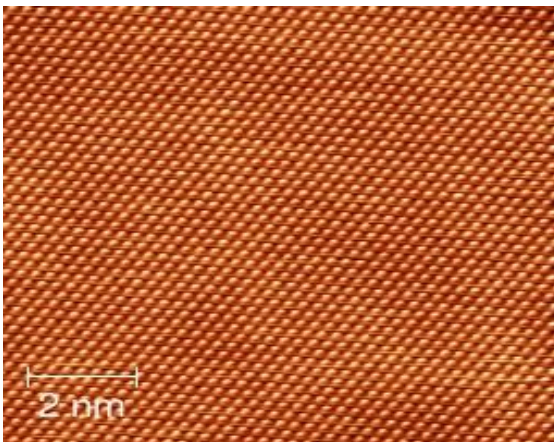
Τα ηλεκτρόνια μπορούν να διέλθουν μέσα από πηγάρδια δυναμικού!

ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΝΕΔΡΙΟ : "ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ
ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ", 9-10 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ,
ΕΛΛΗΝΟΓΕΡΜΑΝΙΚΗ ΑΓΟΓΗ

Εφαρμογή: Σαρωτικό Μικροσκόπιο Σήραγγας



Ακίδα πλησιάζει κοντά σε αγώγιμη επιφάνεια και λόγω φαινομένου σήραγγας υπάρχουν ηλεκτρόνια της επιφάνειας τα οποία διέρχονται από την ακίδα:
Μετράμε ηλεκτρικό ρεύμα !



Ατομική Δομή του αργύρου
 (πηγή: *University of Basel, Department of Physics*)

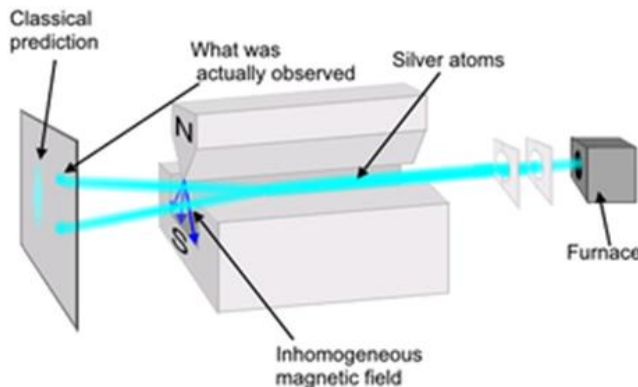
ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΝΕΔΡΙΟ : "ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ", 9-10 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ, ΕΛΛΗΝΟΓΕΡΜΑΝΙΚΗ ΑΓΩΓΗ

Μαθησιακός Σταθμός ΙΧ: Το spin και οι εφαρμογές του

Απροσδιόριστες Ιδιότητες της Ύλης:

Μάζα → Δεν ξέρουμε τι είναι, ξέρουμε όμως πως μετριέται και πως χρησιμοποιείται.

Σπιν → Ιδιότητα των σωματιδίων η οποία «θυμίζει» την στροφορμή, αλλά δεν είναι. Σωματίδια με σπιν αλληλεπιδρούν με το μαγνητικό πεδίο και εκτρέπονται από αυτό.

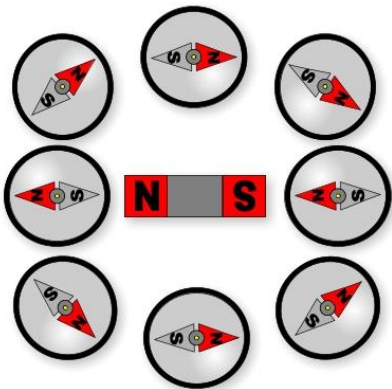


Το σπιν των σωματιδίων έχει συγκεκριμένες διευθύνσεις στο χώρο.

Για κάθε διεύθυνση, σε ένα πείραμα Stern-Gerlach παρατηρούμε διαφορετική εκτροπή των σωματιδίων σε μαγνητικό πεδίο.

ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΝΕΔΡΙΟ : "ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ
ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ", 9-10 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ,
ΕΛΛΗΝΟΓΕΡΜΑΝΙΚΗ ΑΓΩΓΗ

Εφαρμογές του σπιν:



Ιατρική:

Απεικόνιση Μαγνητικού Συντονισμού (MRI)

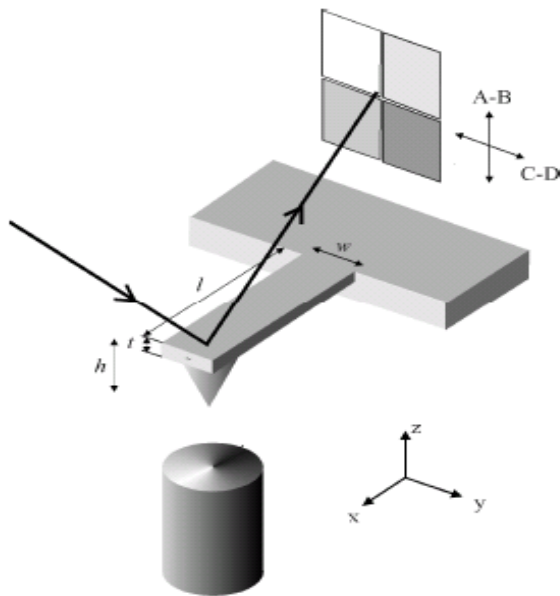


Σπιντρονική:

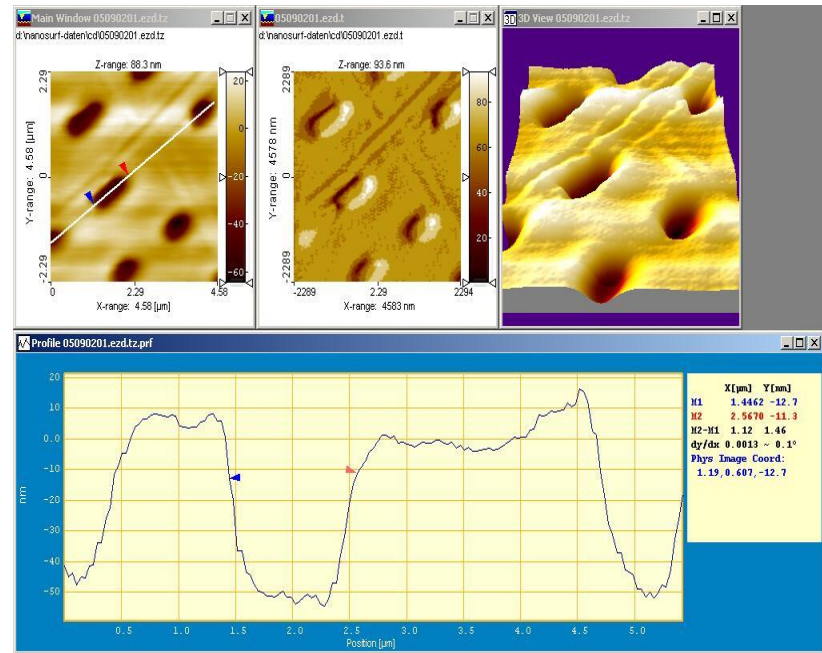
Χρήση του σπιν για αποθήκευση ψηφιακών δεδομένων

ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΝΕΔΡΙΟ : "ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ
ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ", 9-10 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ,
ΕΛΛΗΝΟΓΕΡΜΑΝΙΚΗ ΑΓΩΓΗ

Μαθησιακός Σταθμός Χ: Μικροσκόπιο Ατομικής Δύναμης



Μέτρηση δυνάμεων που δέχεται
ακίδα από επιφάνεια κάθε είδους



Δομή ενός CD

ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΝΕΔΡΙΟ : "ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ
ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ", 9-10 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ,
ΕΛΛΗΝΟΓΕΡΜΑΝΙΚΗ ΑΓΩΓΗ

Μαθησιακός Σταθμός XI: Από την Κβαντομηχανική στα νανοσωματίδια και τις εφαρμογές τους

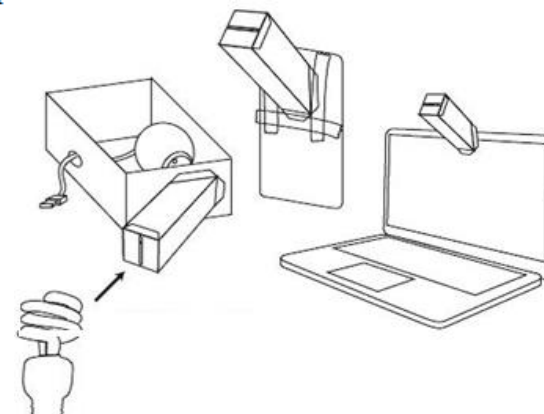
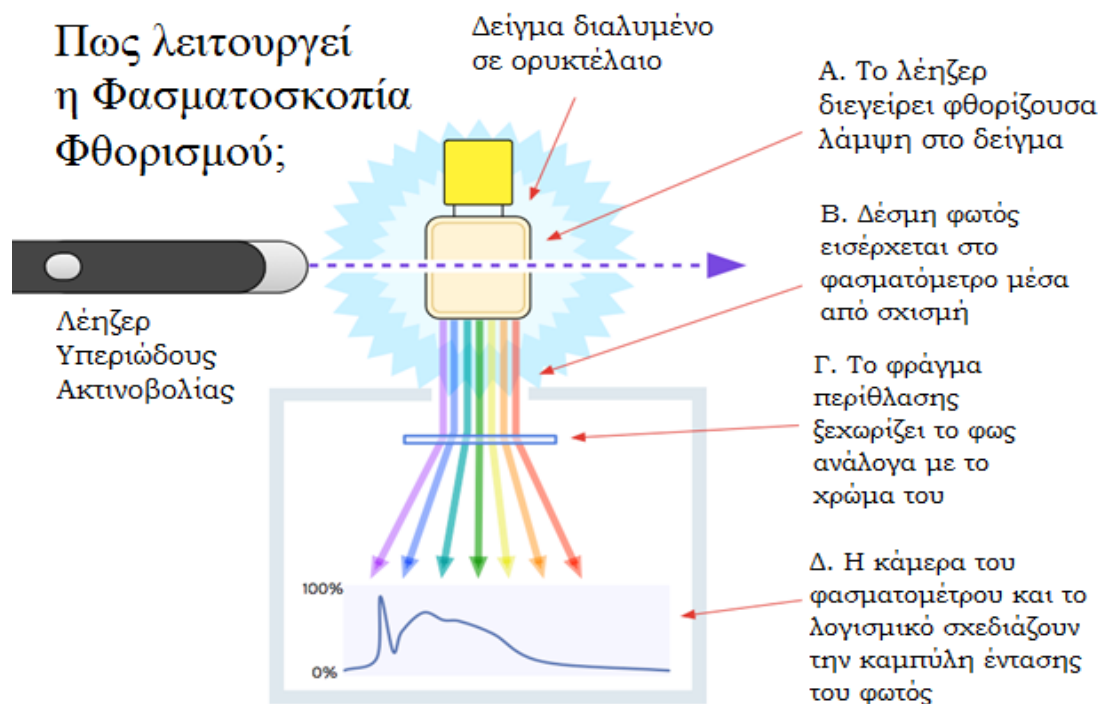
- Νανοσωματίδια: Μία διάσταση $< 100\text{nm}$.
- Διάφορα είδη νανοσωματιδίων ανάλογα με μορφή, προέλευση και εφαρμογές.
- Ιοί, Βακτήρια, χρωστικές, νανοκρύσταλλοι κ.α



ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΝΕΔΡΙΟ : "ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ
ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ", 9-10 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ,
ΕΛΛΗΝΟΓΕΡΜΑΝΙΚΗ ΑΓΩΓΗ

Κατασκευή του δικού σας φασματομέτρου

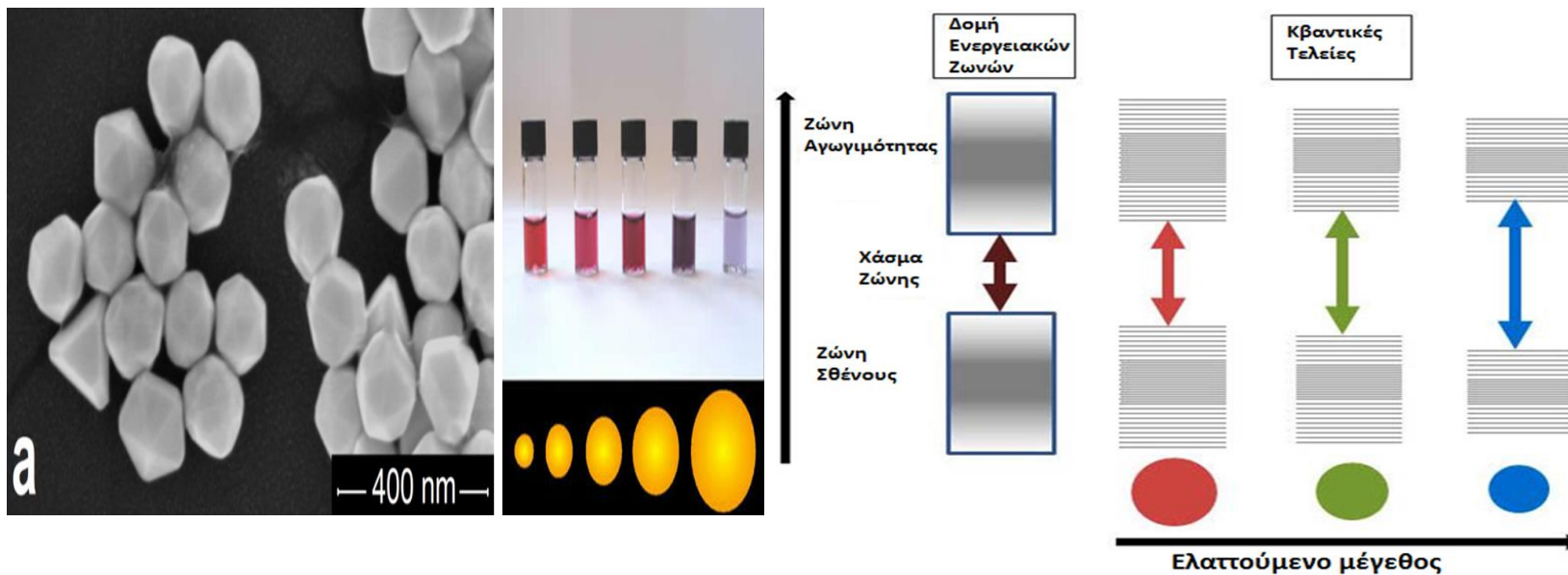
Πως λειτουργεί
η Φασματοσκοπία
Φθορισμού;



ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΝΕΔΡΙΟ : "ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ
ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ", 9-10 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ,
ΕΛΛΗΝΟΓΕΡΜΑΝΙΚΗ ΑΓΩΓΗ

Κβαντικές Τελείες

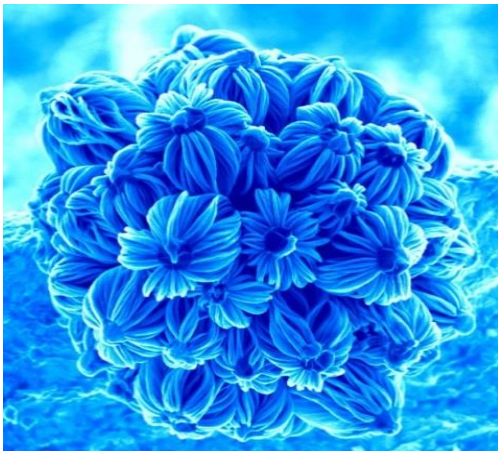
Ημιαγώγιμα νανοσωμάτια μικρότερα από 10nm με ιδιότητες φθορισμού



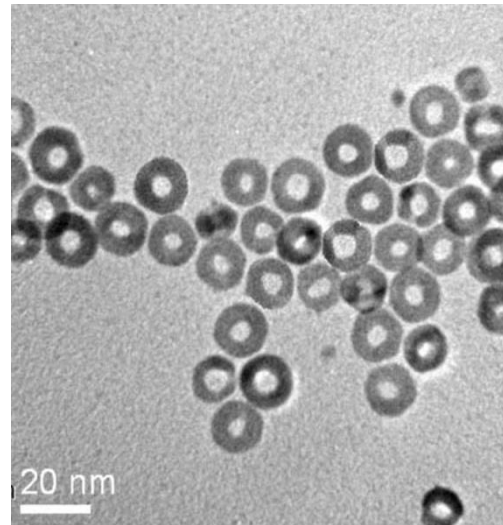
Οι ιδιότητές τους αλλάζουν με το μέγεθός τους.

ΔΙΕΘΝΗΣ ΣΥΝΕΔΡΙΟ : "ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ", 9-10 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ, ΕΛΛΗΝΟΓΕΡΜΑΝΙΚΗ ΑΓΩΓΗ

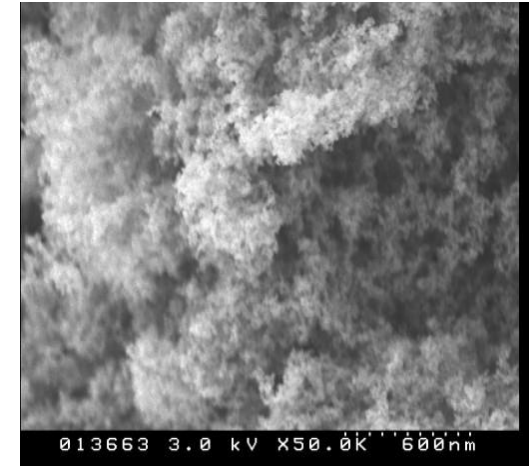
Νανολειβάδι



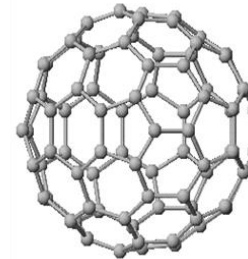
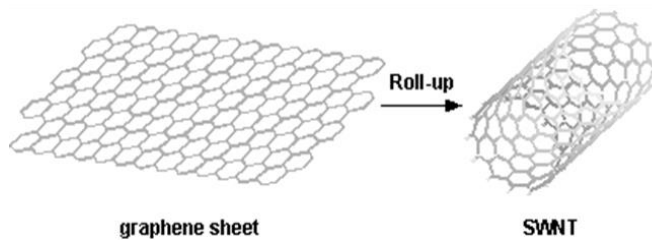
Νανοκελύφη



Νανοαφρός



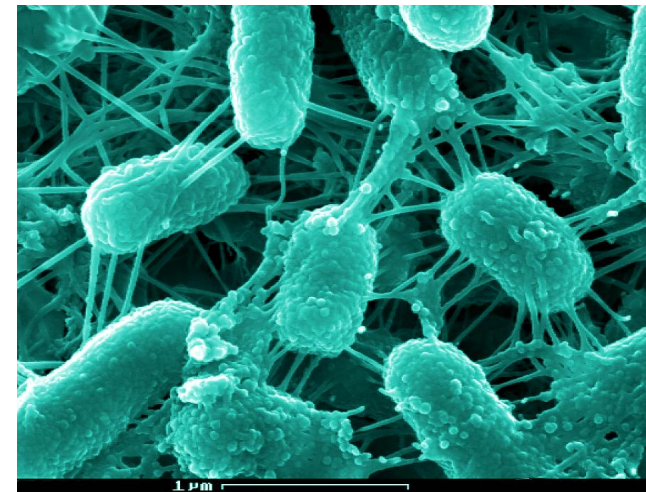
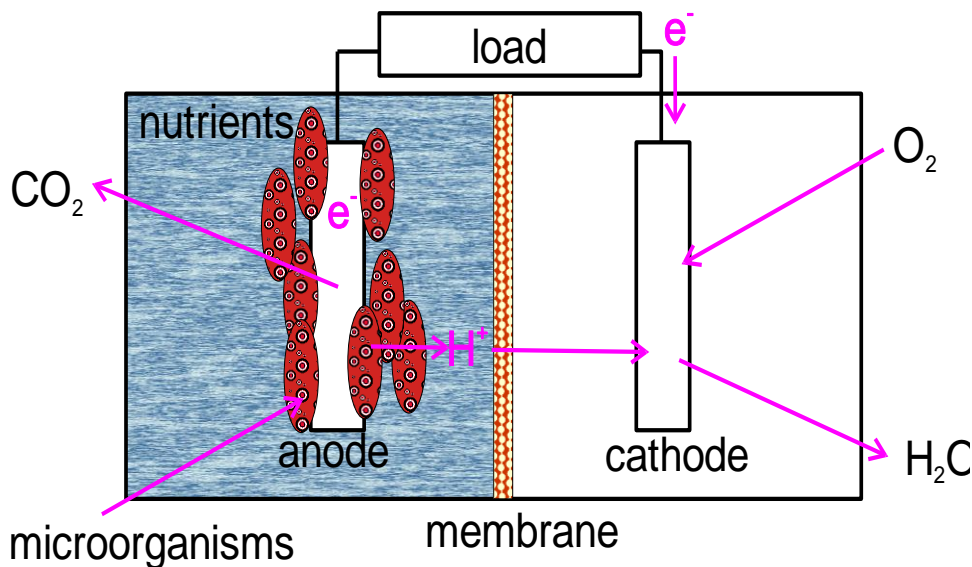
Νανοσωλήνες



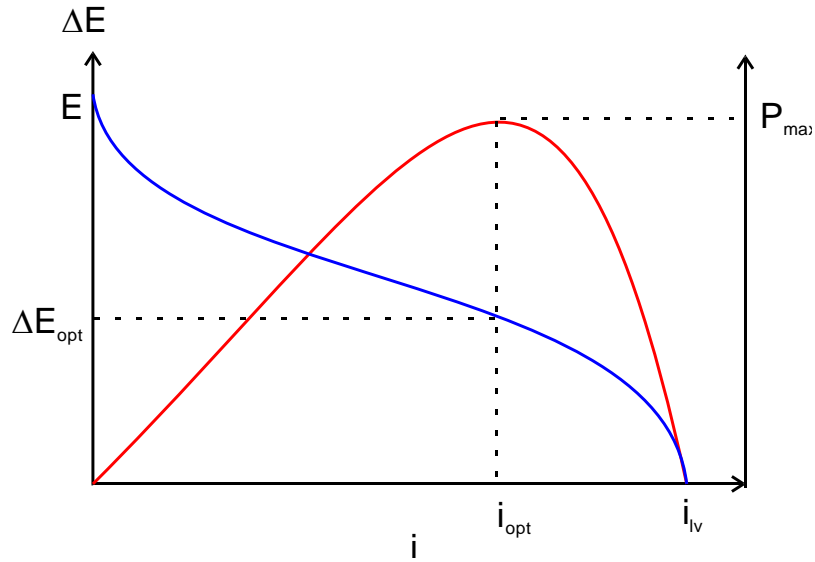
ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΝΕΔΡΙΟ : "ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ
ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ", 9-10 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ,
ΕΛΛΗΝΟΓΕΡΜΑΝΙΚΗ ΑΓΩΓΗ

Μαθησιακός Σταθμός XII: Μικροβιακές κυψέλες καυσίμων

Χρήση νανοϋλικών για την παραγωγή ρεύματος από μικροοργανισμούς.

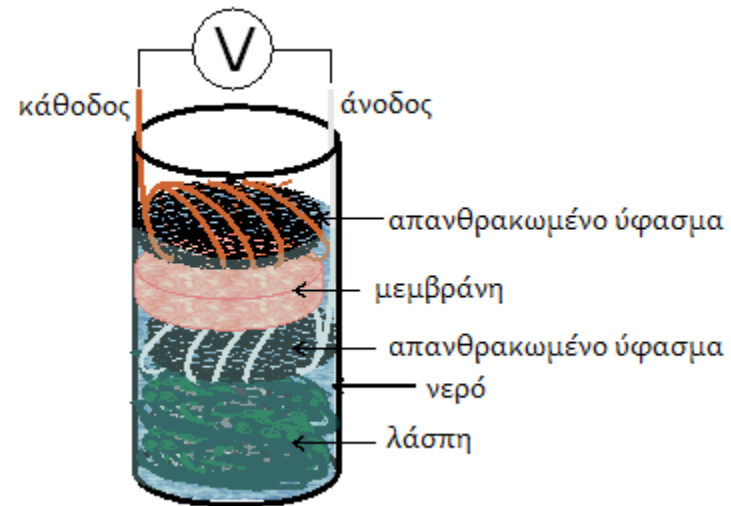


ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΝΕΔΡΙΟ : "ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ
ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ", 9-10 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ,
ΕΛΛΗΝΟΓΕΡΜΑΝΙΚΗ ΑΓΟΓΗ



Καμπύλη απόδοσης μιας ΜΚΚ.

Κατασκευή μιας χειροποίητης μικροβιακής κύψελης καυσίμου Με απλά υλικά!!



ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΝΕΔΡΙΟ : "ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ", 9-10 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ, ΕΛΛΗΝΟΓΕΡΜΑΝΙΚΗ ΑΓΩΓΗ

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

- Παρουσιάστηκαν οι σταθμοί μάθησης του προγράμματος Quantum Spinoff.
- Οι σταθμοί μάθησης εμπεριέχουν νέες έννοιες φυσικής που παρουσιάζονται με τρόπο κατανοητό και σαφή για τους μαθητές.
- Επιχειρείται πρώτη φορά η σύνδεση της κβαντομηχανικής και της μοντέρνας φυσικής με την διδασκαλία στο σχολείο και της νανοτεχνολογίας με την επιχειρηματικότητα.

ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΝΕΔΡΙΟ : "ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ
ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ", 9-10 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ,
ΕΛΛΗΝΟΓΕΡΜΑΝΙΚΗ ΑΓΩΓΗ