
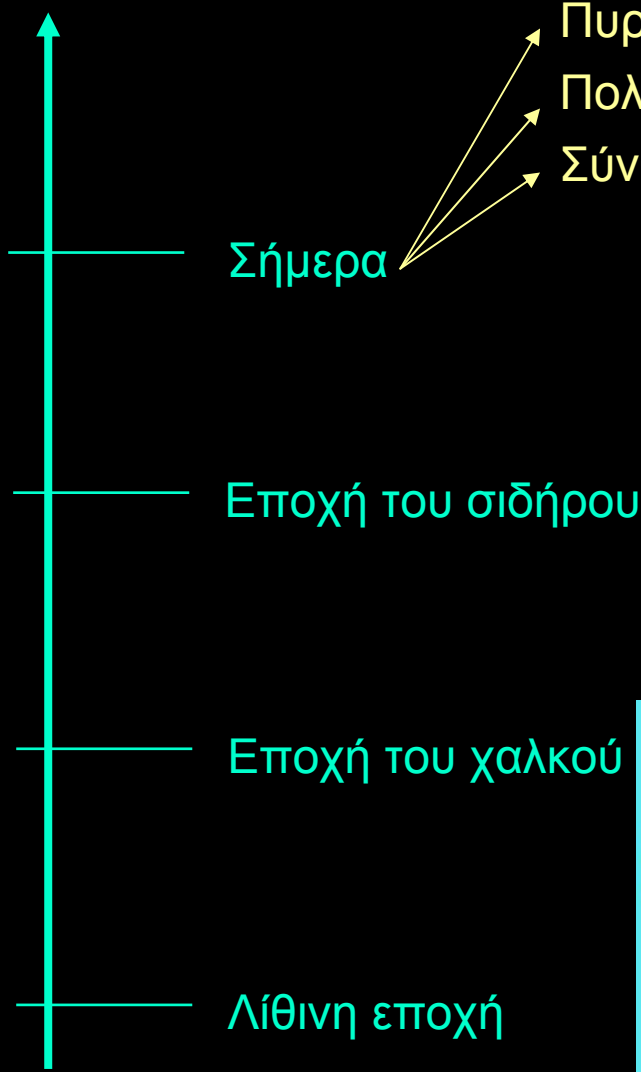


Φως και Υλικά



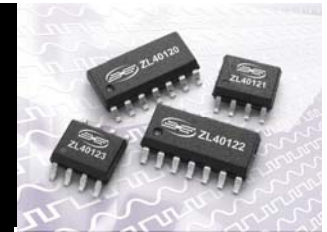
Μαρία Κατσικίνη
Λέκτορας
Τμήμα Φυσικής
Τομέας Φυσικής Στερεάς Κατάστασης

Πέμπτη 13-12-2007



Σήμερα

Πυρίτιο
Πολυμερή (πλαστικά)
Σύνθετα υλικά



Εποχή του σιδήρου

Εποχή του χαλκού



Λίθινη εποχή

ΥΛΙΚΑ

Μέταλλα



Γυαλιά



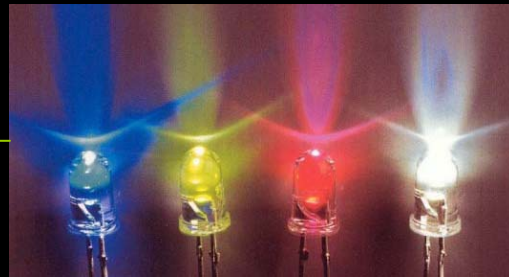
Κεραμικά



Πολυμερή



Ημιαγωγοί



Μαγνητικά υλικά



ΥΛΙΚΑ

Σύνθεση & Κατεργασία

Ιδιότητες

Χαρακτηρισμός

Εφαρμογές

Μηχανικές

Ηλεκτρικές

Μαγνητικές

Θερμικές

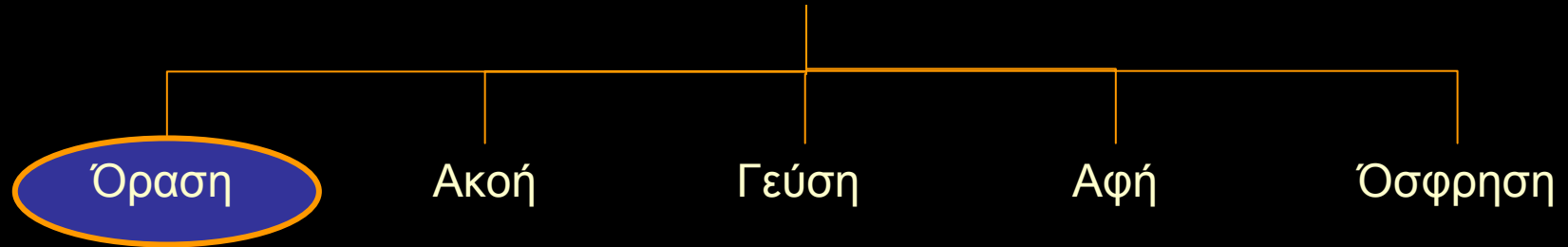
Οπτικές

Δομικές

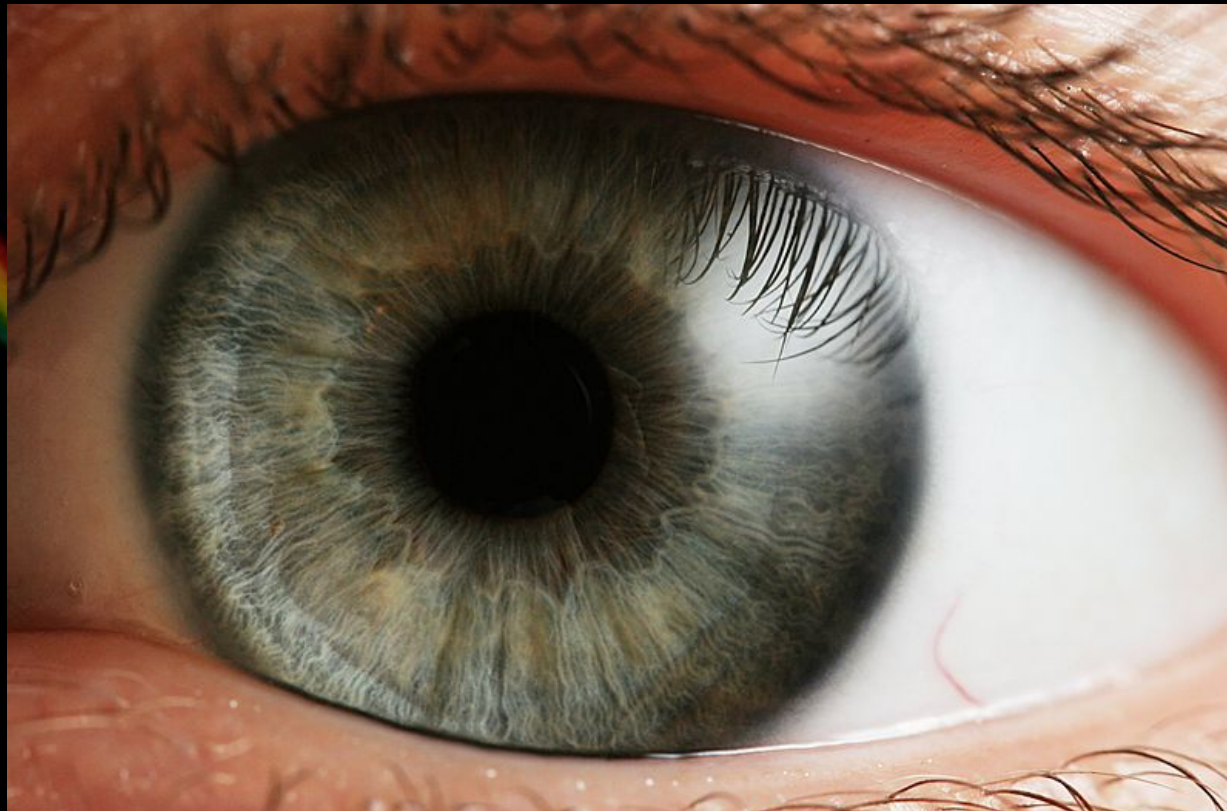
Αλληλεπίδραση
του φωτός με
την ύλη

Μερικά υλικά
χρησιμοποιούνται για
την κατασκευή
εκπομπών φωτός

Αντίληψη του περιβάλλοντος

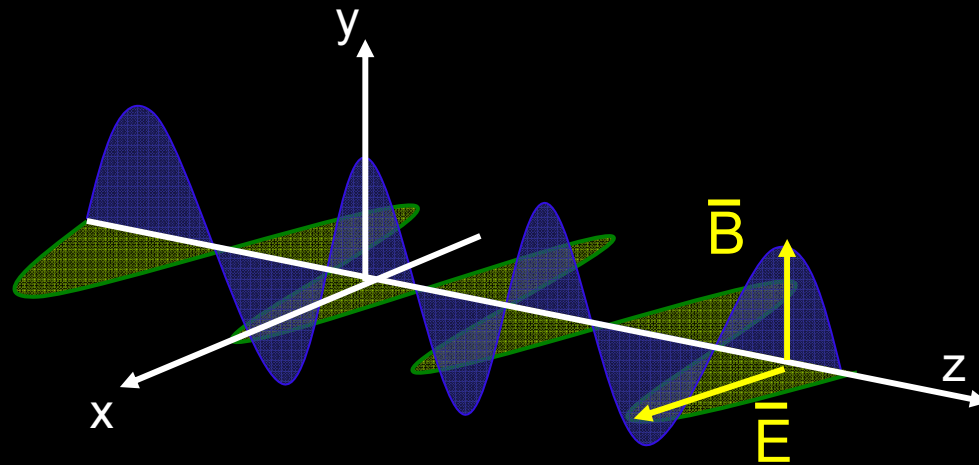


ΦΩΣ



ΦΩΣ

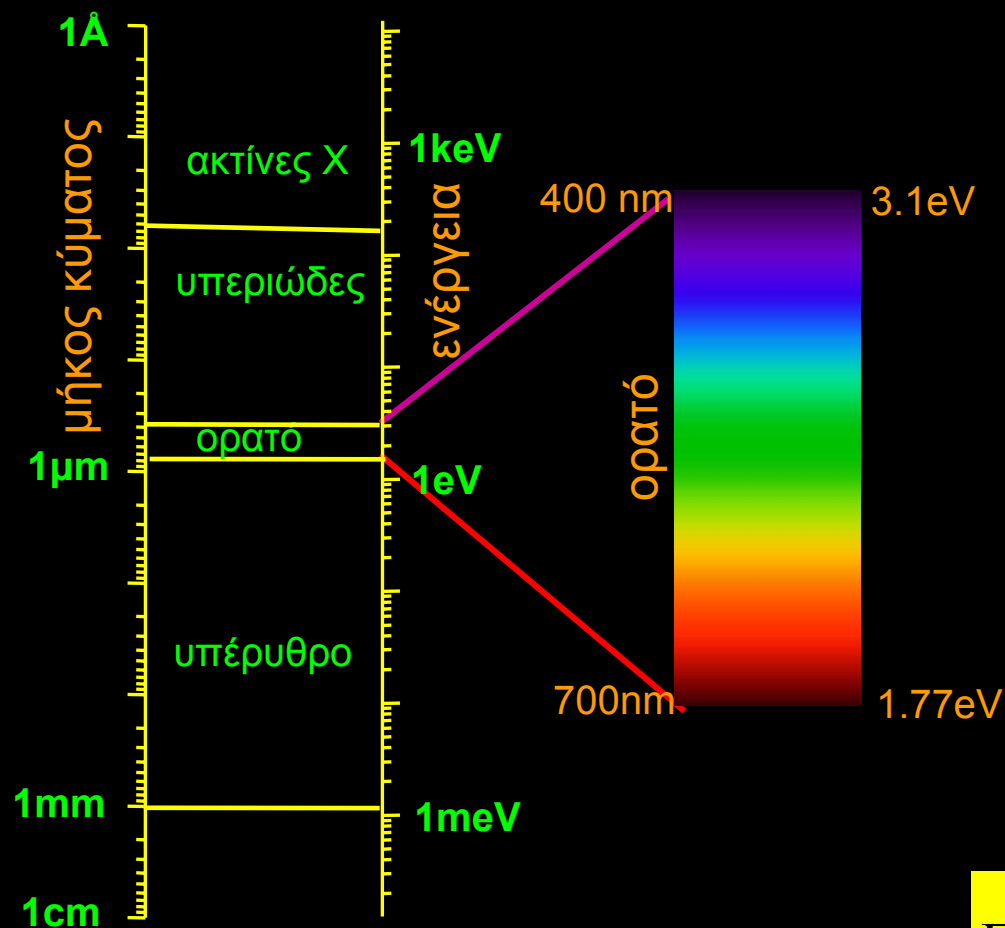
Τι είναι ;



Εγκάρσιο ηλεκτρομαγνητικό κύμα που
ερεθίζει το μάτι

ΦΩΣ

Τι είναι ;



$$E(\text{eV}) = \frac{1240}{\lambda(\text{nm})}$$

ΦΩΣ ... το ορατό

βλέπουμε τα διάφορα αντικείμενα λόγω του φωτός ...

... ΠΟΥ ΕΚΠÉΜΠΟΥΝ

... ΠΟΥ ΤΑ ΔΙΑΠΕΡΝÁ

... ΠΟΥ ΑΝΑΚΛΟΥΝ



ΦΩΣ

...απορρόφηση και ανάκλαση του φωτός

ENERΓΕΙΑ ↑

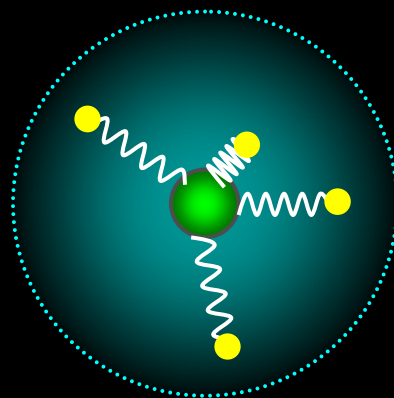
Ακτίνες X

UV

vis

IR

ένα απλό και αποτελεσματικό μοντέλο ...
...το μοντέλο του απλού αρμονικού ταλαντωτή



ηλεκτρόνια – πυρήνας
(ατομικός ταλαντωτής)



μόριο
(δονητικός ταλαντωτής)

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{K}{\mu}}$$

$$\frac{1}{\mu} = \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2}$$



ΦΩΣ

...και πέρα από το ορατό

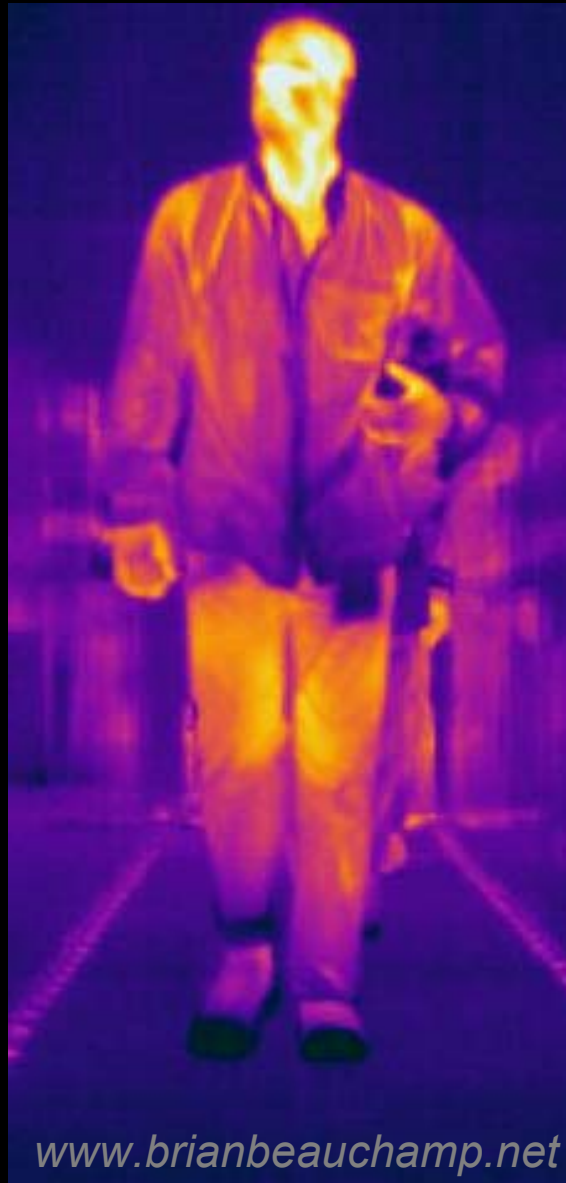
Πολλές φορές λέμε...

«δεν το πιστεύω αν δεν το δω με τα μάτια μου»....

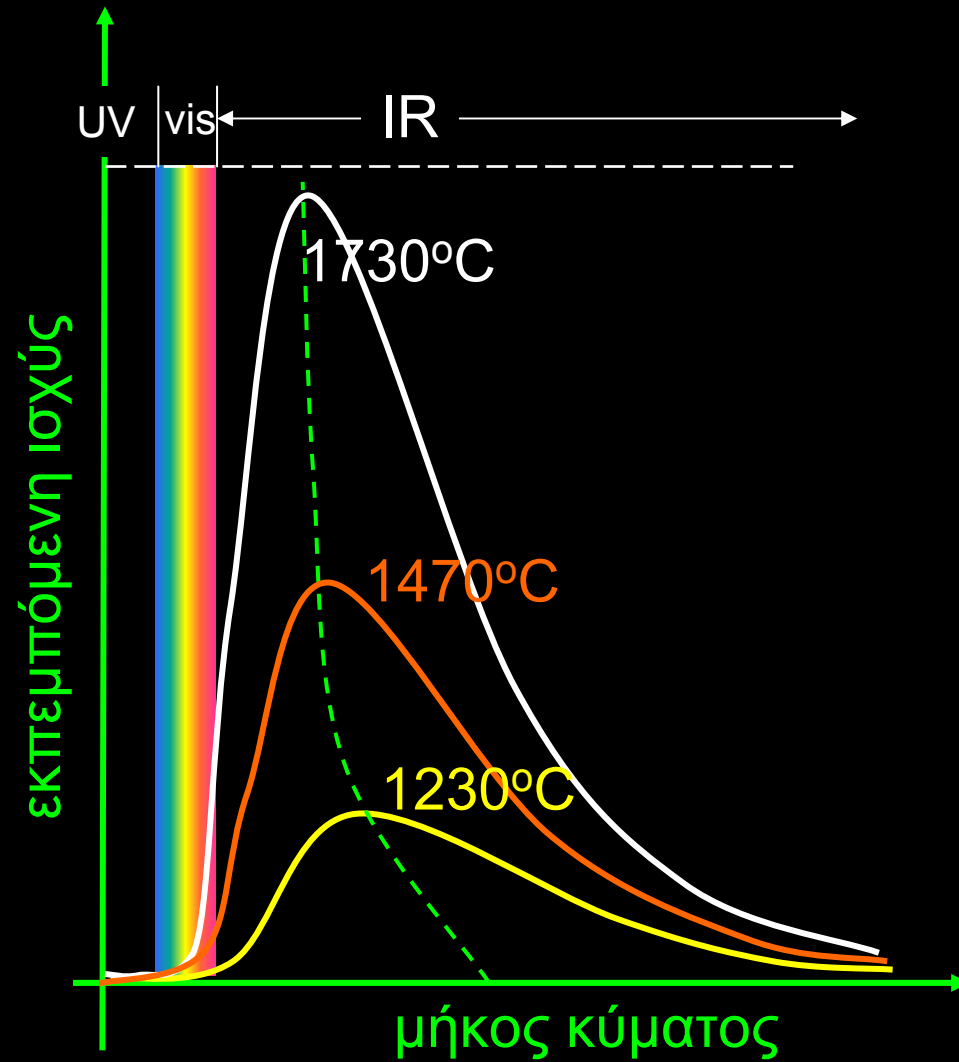
...μήπως όμως υπάρχουν και
πράγματα που δεν μπορούμε να τα
δούμε με τα μάτια μας;

ΦΩΣ

...και πέρα από το ορατό



www.brianbeauchamp.net



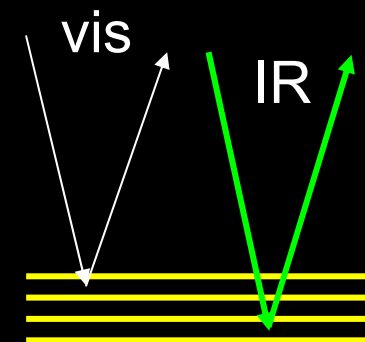
ΦΩΣ

...και πέρα από το ορατό

ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΑΝΑΚΛΑΣΤΟΡΑΦΙΑ



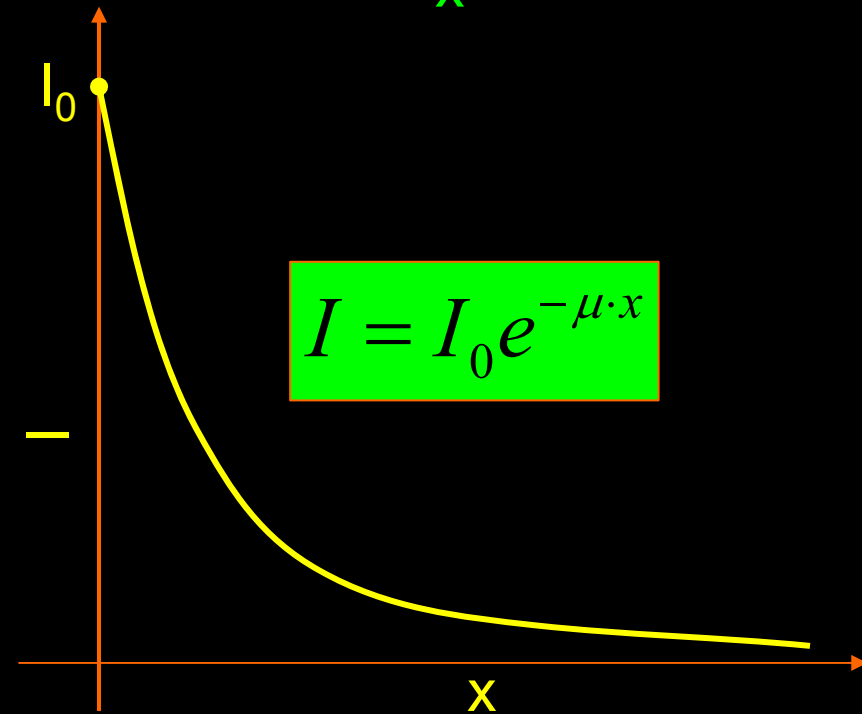
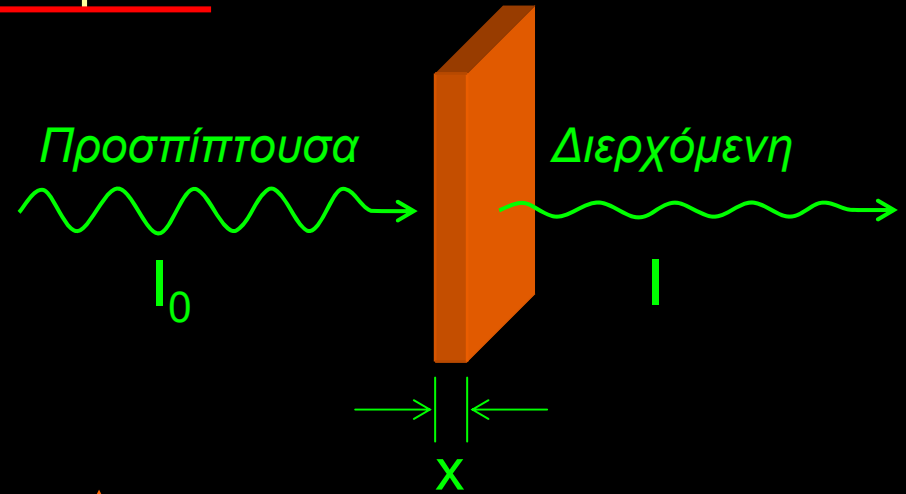
The old guitarist (Picasso - 1903)



- Το υπέρυθρο απορροφάται λιγότερο από τα εξωτερικά στρώματα της χρωστικής
- Κατάλληλος ανιχνευτής IR καταγράφει τη διδιάστατη εικόνα

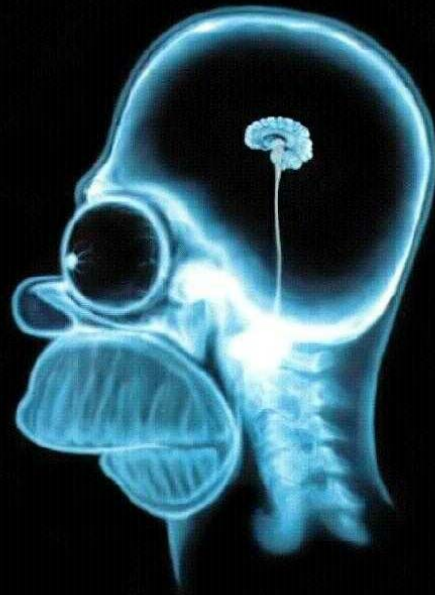
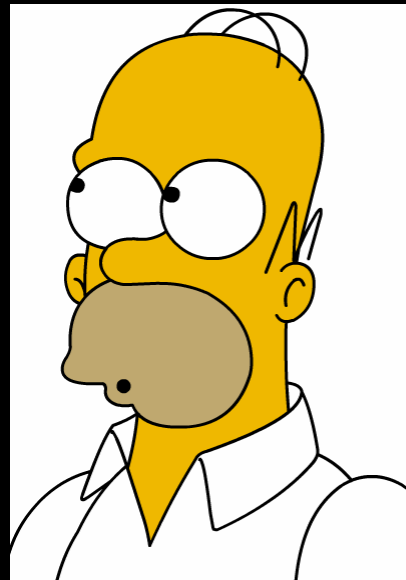
ΦΩΣ

...και πέρα από το ορατό



ΦΩΣ

...και πέρα από το ορατό



$$I = I_0 e^{-\mu \cdot x}$$

συντελεστής απορρόφησης

$$\mu \propto \rho \frac{Z^3}{E^3}$$

ατομικός αριθμός

ατομική πυκνότητα

ενέργεια

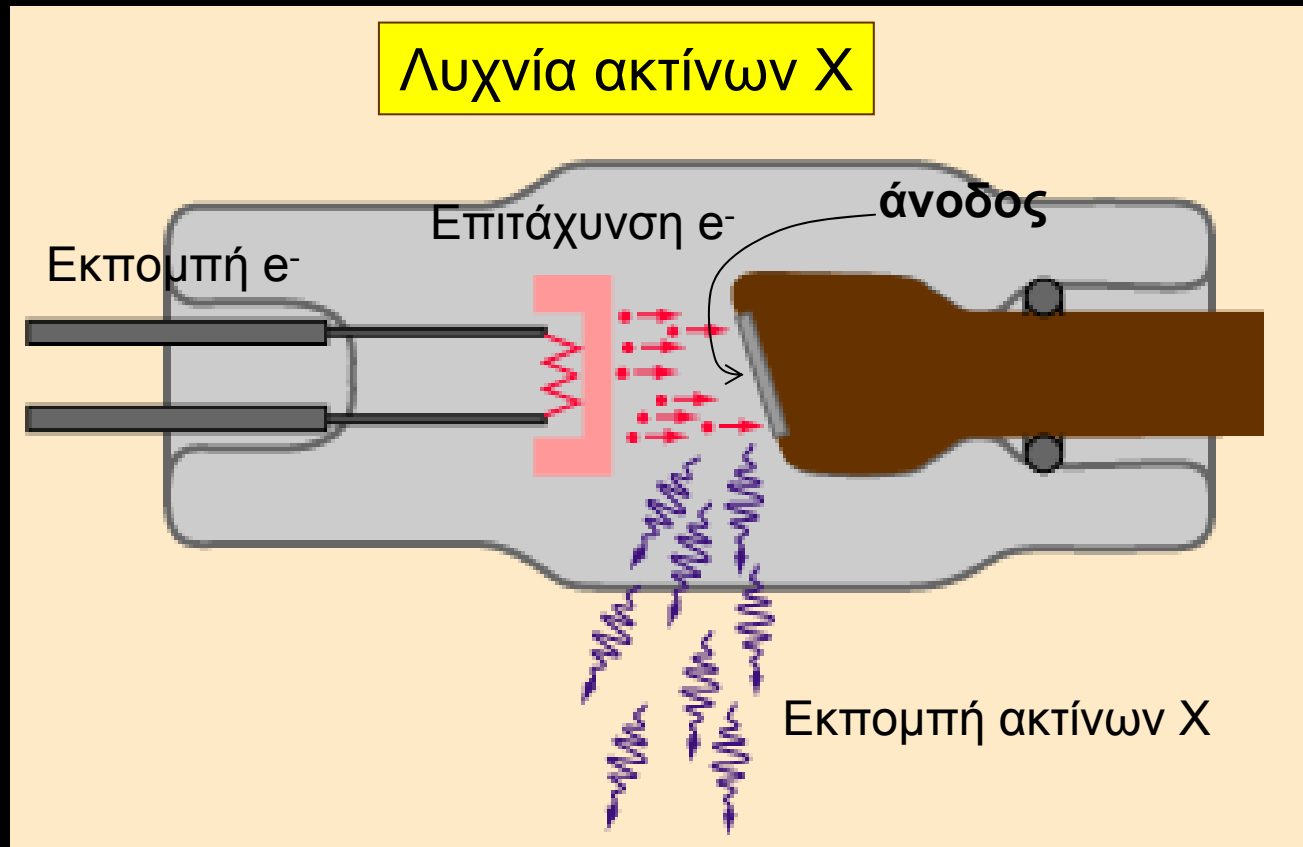
Μέσος ατομικός αριθμός (Z_{eff})	
Ιστοί:	~3.5
Οστά:	~10

ΑΚΤΙΝΕΣ Χ

...από συμβατικές λυχνίες ακτίνων Χ

Τι είναι; Ακτινοβολία υψηλής ενέργειας

Πως παράγεται; Με σύγκρουση ηλεκτρονίων υψηλής ενέργειας σε κάποιο υλικό π.χ. Μολυβδένιο

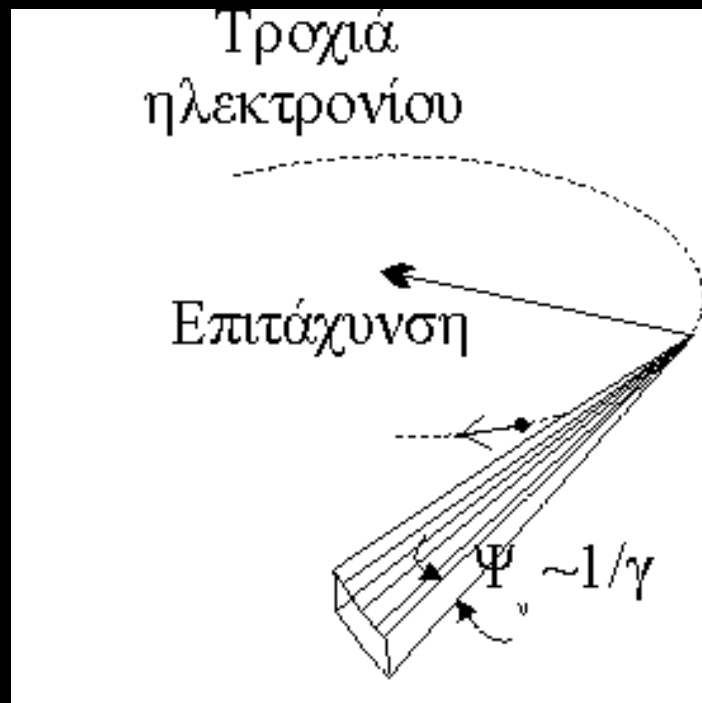


ΑΚΤΙΝΕΣ Χ

...από Σύγχροτρον

Τι είναι η ακτινοβολία Σύγχροτρον;

Ακτινοβολία που παράγεται από ηλεκτρόνια τα οποία κινούνται σε κλειστές τροχιές και με ταχύτητες που πλησιάζουν την ταχύτητα του φωτός ($0.985c$)



ΑΚΤΙΝΕΣ Χ

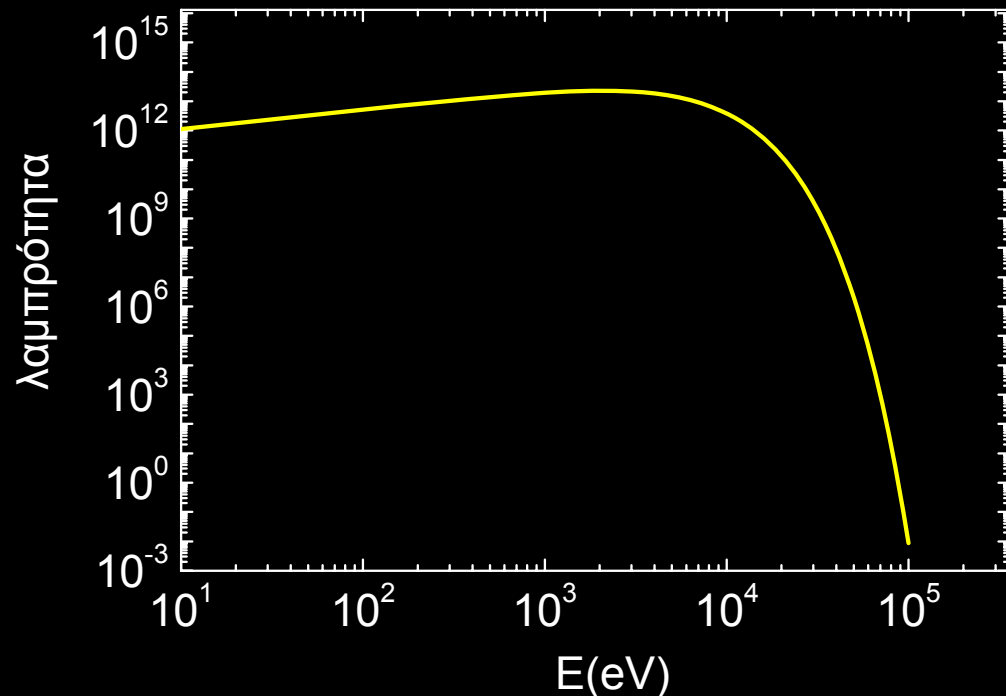
...από Σύγχροτρον

Μερικά χαρακτηριστικά της ακτινοβολίας Σύγχροτρον:

- Συνεχές φάσμα του εκτείνεται από το IR ως τις σκληρές ακτίνες Χ
- Υψηλή ένταση (10^6 μεγαλύτερη από τις λυχνίες ακτίνων Χ)
- Δέσμη πολύ μικρής διατομής και μικρής γωνιακής απόκλισης

Εφαρμογές

- Φυσική
- Επιστήμη υλικών
- Χημεία
- Επιστήμες υγείας
- Γεωλογία
- Επιστήμες περιβάλλοντος

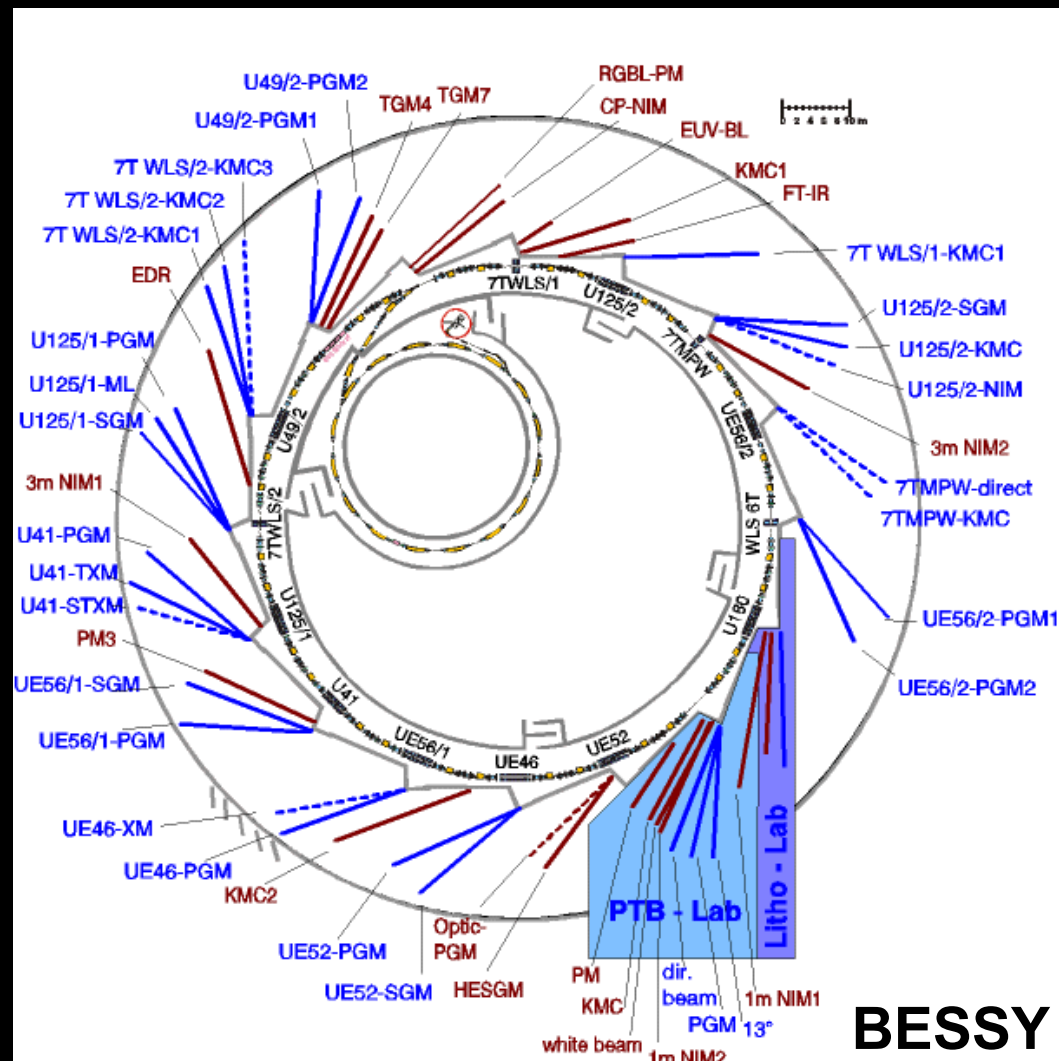


ΑΚΤΙΝΕΣ Χ

...από Σύγχροτρον

Σε μια εγκατάσταση ακτινοβολίας Σύγχροτρον γίνονται πολλά πειράματα ταυτόχρονα σε διαφορετικά beamlines (γραμμές ακτινοβολίας)

Κάθε beamline είναι σχεδιασμένο για διαφορετικό πείραμα



ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Χαρακτηριστικά της ακτινοβολίας Σύγχροτον:

- Συνεχές φάσμα του εκτείνεται από το IR ως τις σκληρές ακτίνες X
- Υψηλή ένταση (10^6 μεγαλύτερη από τις ακτίνες X)
- Δέσμη πολύ μικρής διατομής και μικρής γωνιακής απόκλισης

Εφαρμογές

1

Φασματοσκοπία φθορισμού ακτίνων X σε ανθρώπινα νύχια

2

Χαρτογράφηση φθορισμού υαλοποιημένων στερεών αποβλήτων

3

Χαρτογράφηση φθορισμού για τον έλεγχο αυθεντικότητας χειρογράφων

4

Φασματοσκοπία λεπτής υφής απορρόφησης ακτίνων X σε υλικά οπτοηλεκτρονικής

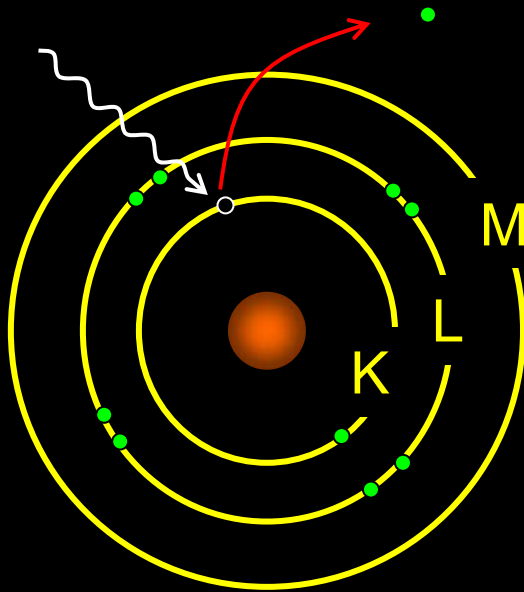
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

1

φθορισμός ακτίνων X

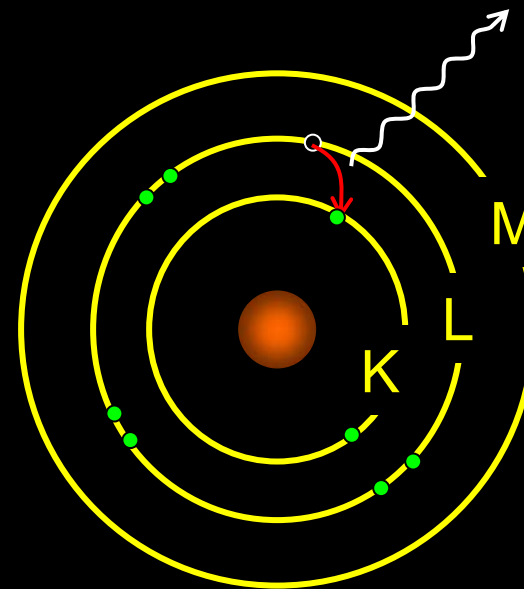
εκπομπή φωτός από
διεγερμένα άτομα

η διέγερση γίνεται με
απορρόφηση ακτίνων X



1° βήμα :

απορρόφηση ακτίνων X \rightarrow διέγερση
(φωτοηλεκτρικό φαινόμενο)



2° βήμα :

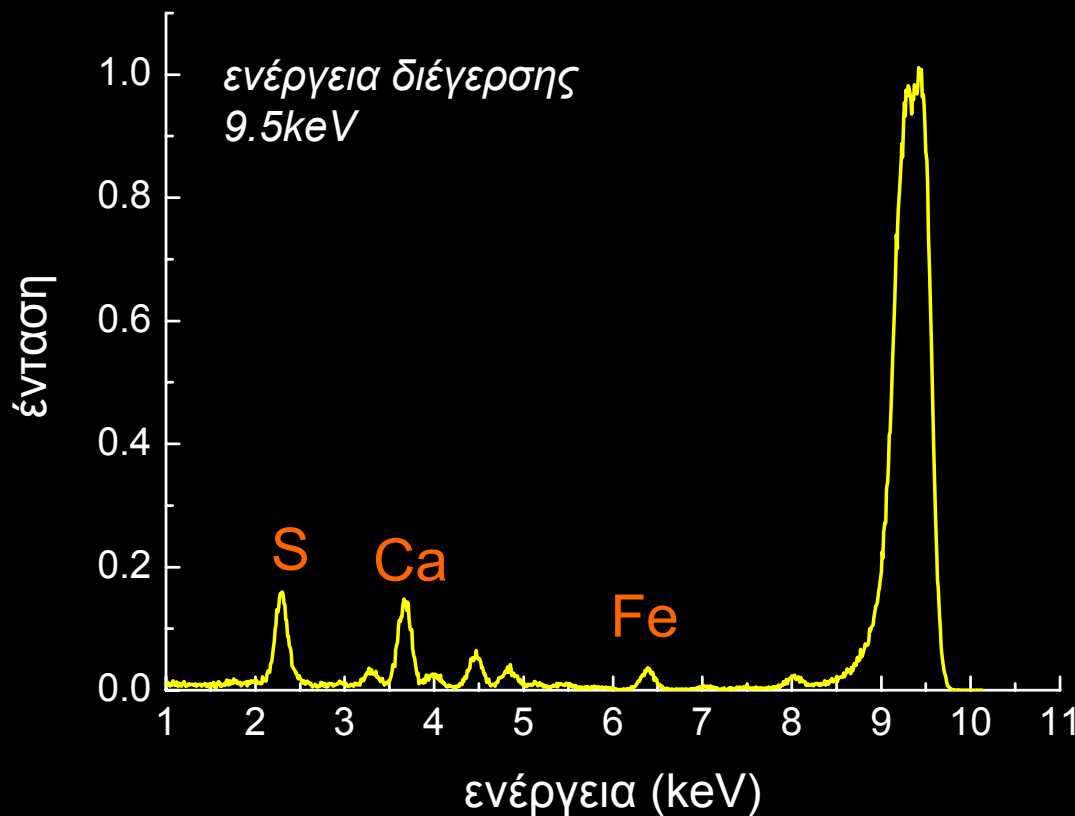
αποδιέγερση \rightarrow εκπομπή ακτίνων X

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

1

Φασματοσκοπία φθορισμού ακτίνων Χ (XRF)

Μελέτη της κατανομή της **έντασης της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας** φθορισμού από ένα υλικό **συναρτήσει της ενέργειας** των εκπεμπόμενων φωτονίων Χ



Στοιχειακή ανάλυση

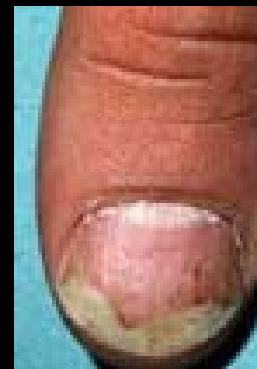
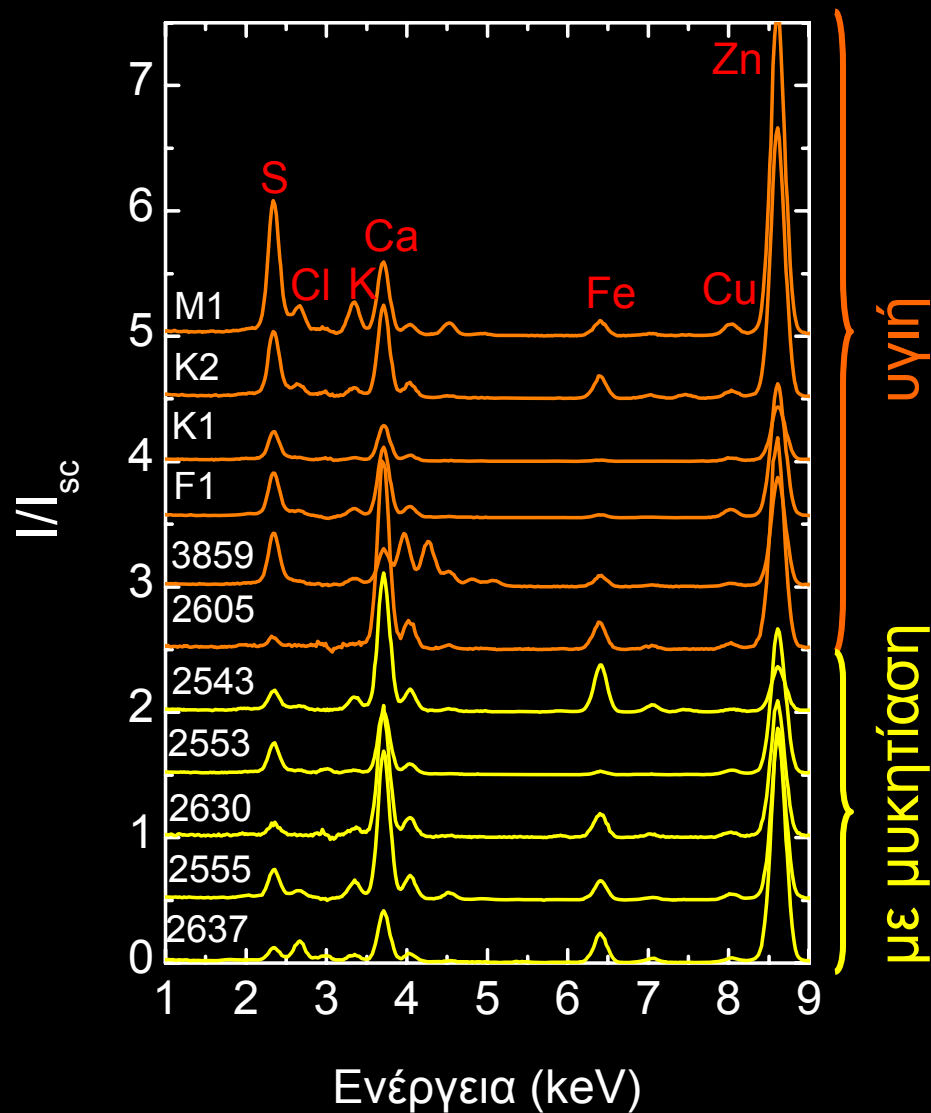
$$I = I_0 \tau \omega C$$

συνκέντρωση
πιθανότητα φθορισμού
πιθανότητα απορρόφησης
ένταση προσπίπτουσας
εμβαδό κορυφής

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

1

Φασματοσκοπία φθορισμού ακτίνων Χ



Περιεκτικότητα σε S

Υγιή : 1315.4 ppm

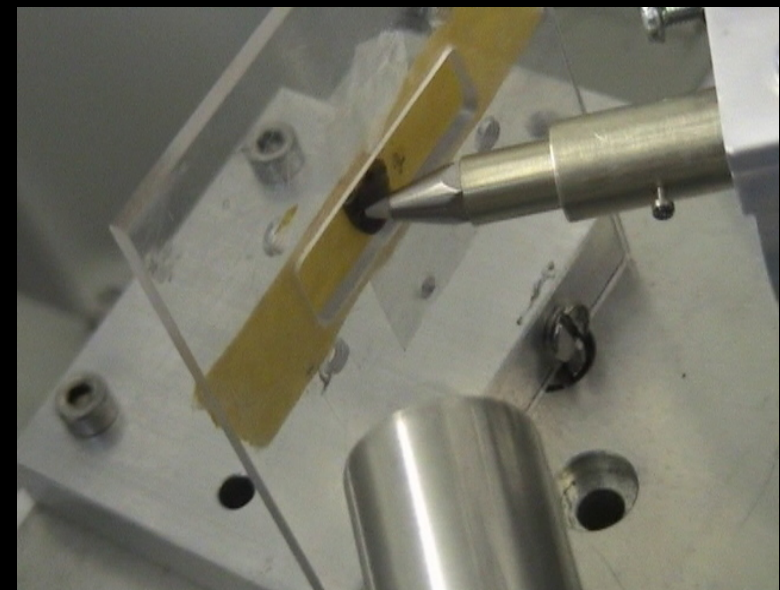
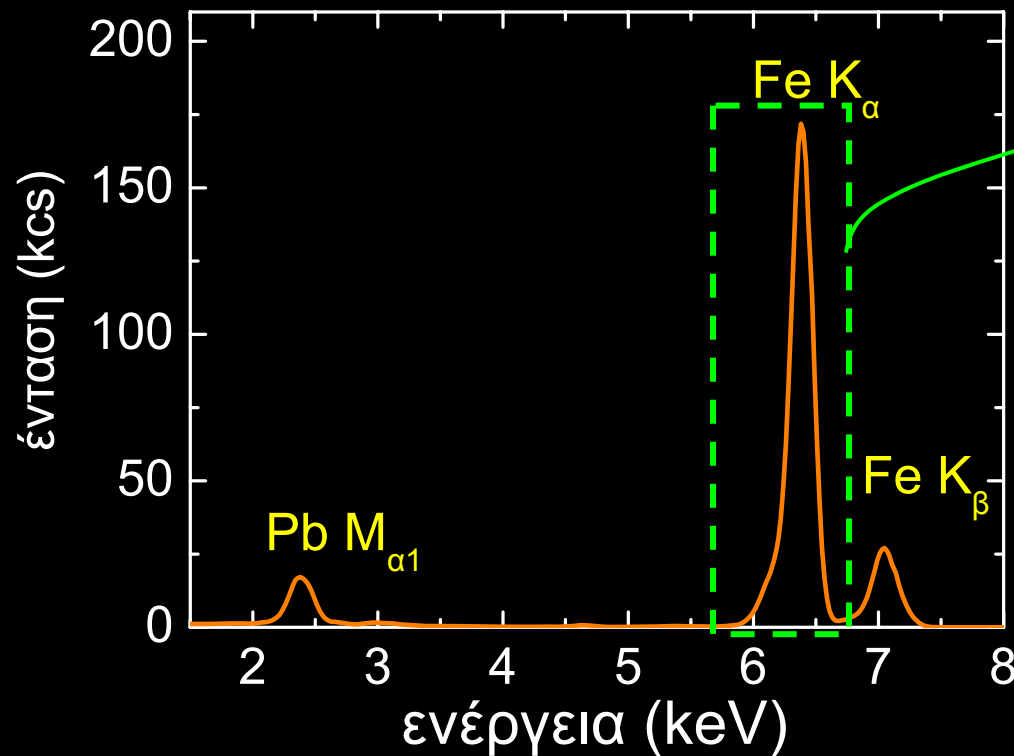
Με μύκητες : 518.7 ppm

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

2

Χαρτογράφηση φθορισμού ακτίνων X (XRF - mapping)

Καταγραφή της χωρικής κατανομής της συγκέντρωσης συγκεκριμένου στοιχείου στο υλικό



Διακριτική ικανότητα : 5 μ m

Υαλοποίηση στερεών αποβλήτων (Θ. Καρακώστας, ΤΦΣΚ)

- Αποτέφρωση αποβλήτων εργοστασίων επεξεργασίας βενζίνης (περιέχει Pb και Fe σε μεγάλες ποσότητες).
- Ανάμειξη με σκόνες οξειδίων (SiO_2 , Na_2O)
- Τήξη του μίγματος
- Ταχεία ψύξη και υαλοποίηση

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

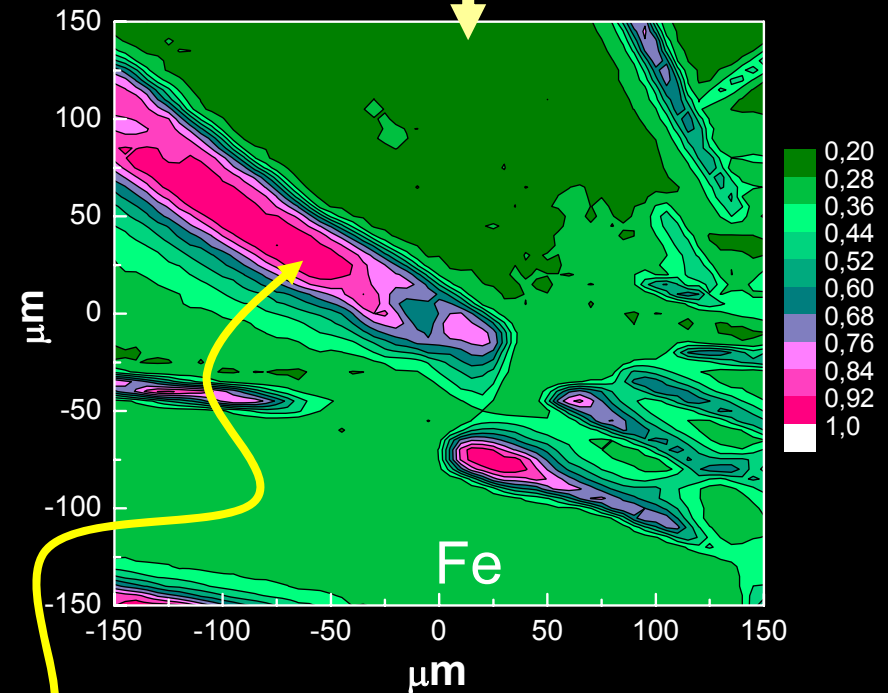
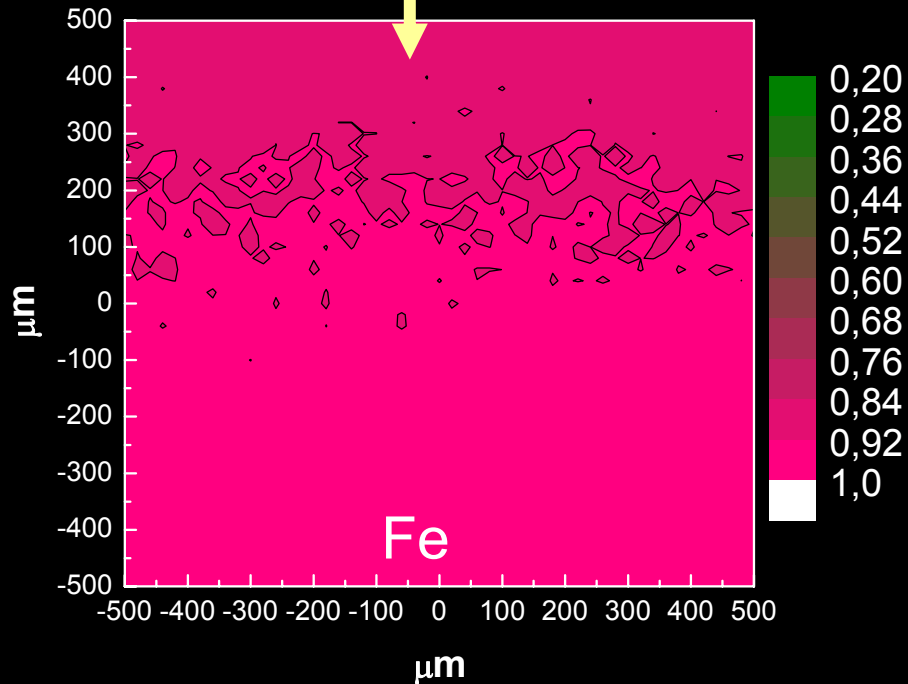
2

Χαρτογράφηση φθορισμού ακτίνων Χ

60% τέφρα – 25% SiO₂ – 15% Na₂O

ανόπτηση (440°C)

ανόπτηση (600°C)



Κρύσταλλοι αιματίτη (Fe₂O₃)

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

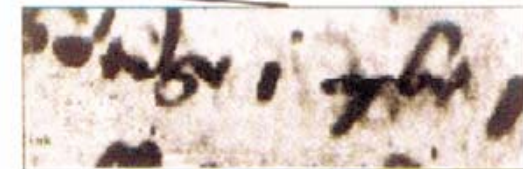
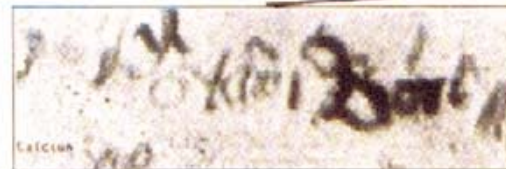
3

Χαρτογράφηση φθορισμού ακτίνων Χ

Σουηδία, 1499

Ανίχνευση στοιχείων
μεγάλου Z
(Fe, Cu, Sn, Sb,
Ag) δεν απαιτεί την
ύπαρξη υψηλού
κενού → 2D
mapping από
χειρόγραφα

Η μελάνη περιέχει
μέταλλα σε μικρές
περιεκτικότητες.



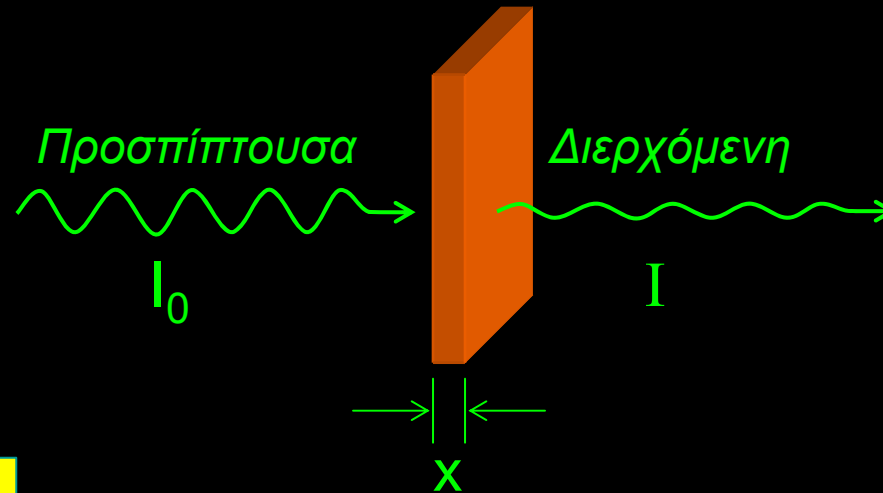
Πλαστογράφηση με μελάνη
υψηλής περιεκτικότητας σε
Ca (*Gäsmestad i Böre*)

Αρχική μελάνη υψηλής
περιεκτικότητας σε Zn
(*Bötinge i Asbo*)

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

4

Φασματοσκοπία λεπτής υφής απορρόφησης ακτίνων Χ



$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

Συντελεστής απορρόφησης
ακτίνων Χ

$$\mu = \mu(E)$$

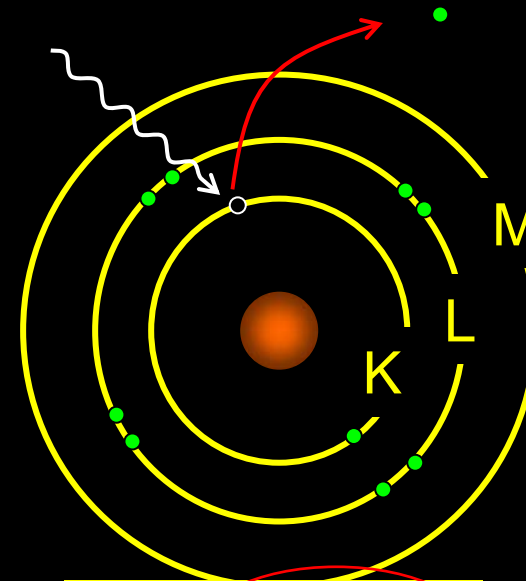
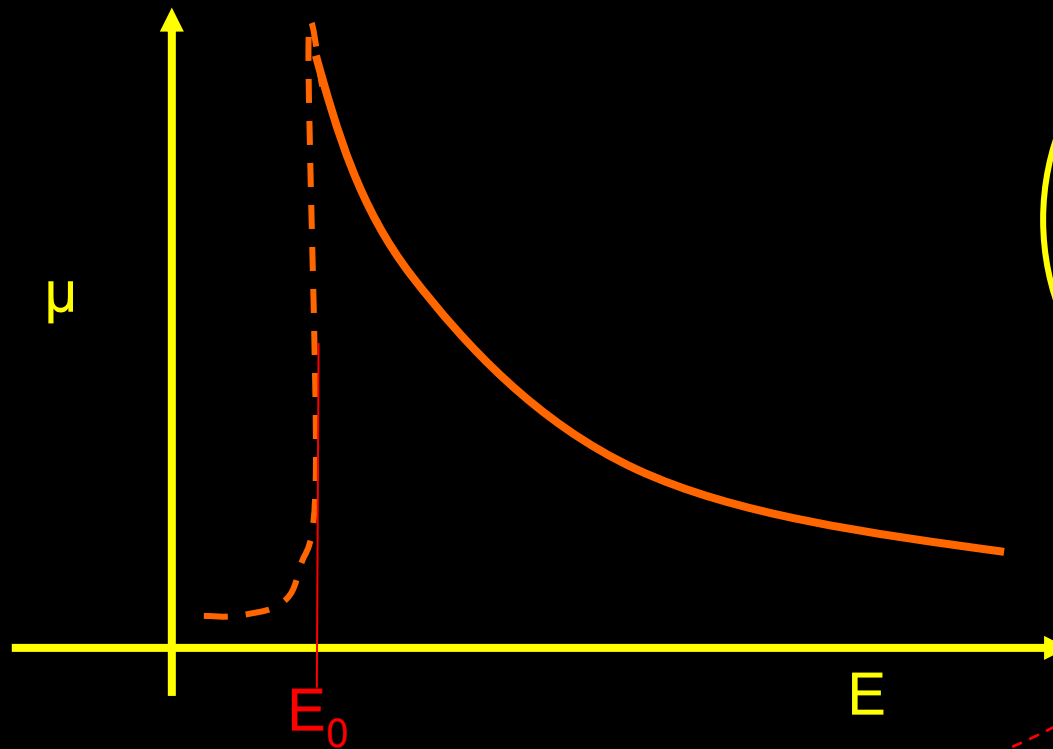
εξαρτάται από την ενέργεια

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

4

Φασματοσκοπία λεπτής υφής απορρόφησης ακτίνων Χ

$$\mu \propto \frac{1}{E^3}$$



$$E \geq E_{\text{σύνδεσης}}$$

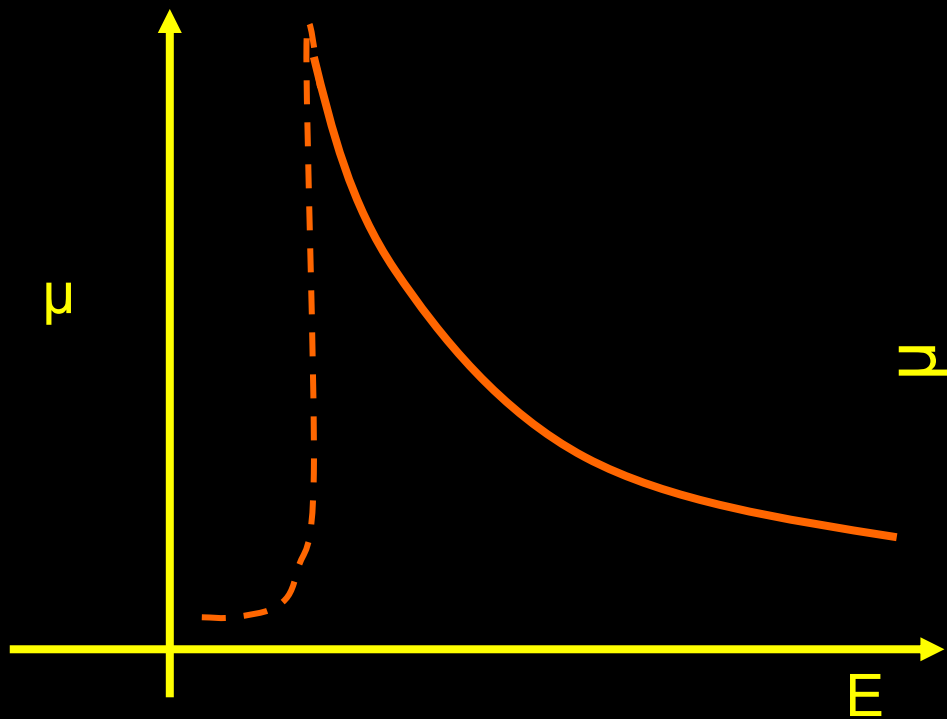
φωτοηλεκτρικό φαινόμενο

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

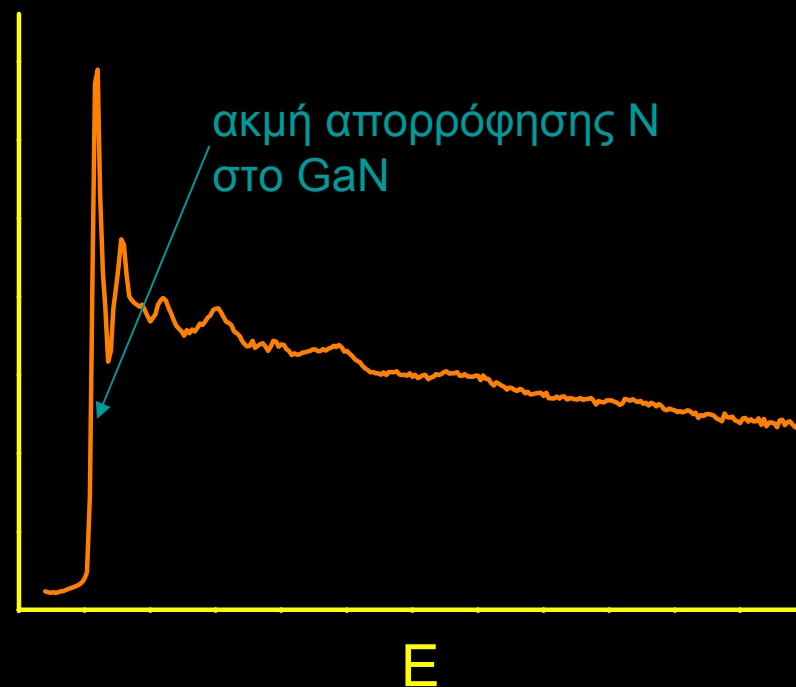
4

Φασματοσκοπία λεπτής υφής απορρόφησης ακτίνων Χ

αναμενόμενη συμπεριφορά



παρατηρούμενη συμπεριφορά



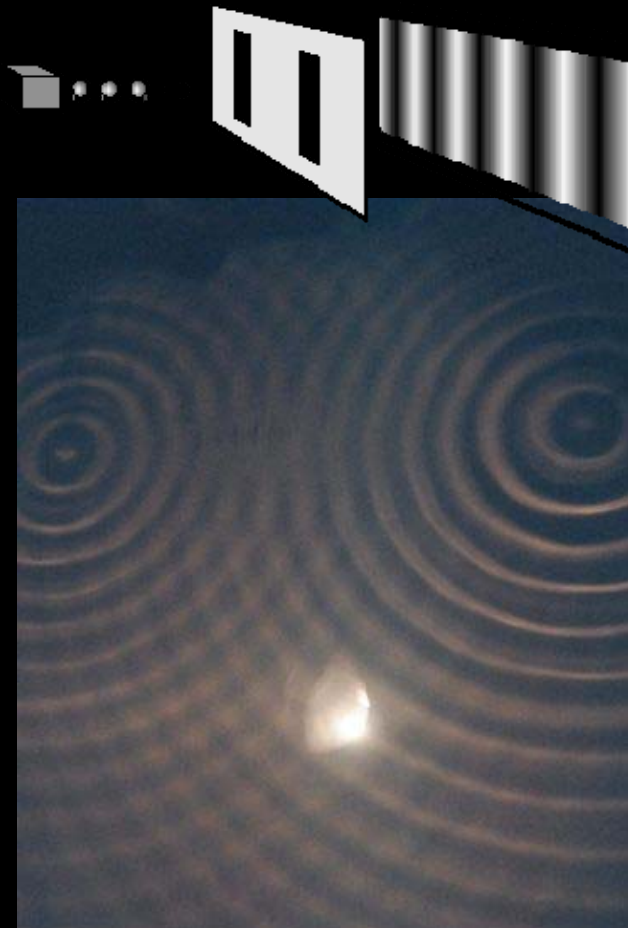
Τι συμβαίνει;;;

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

4

Φασματοσκοπία λεπτής υφής απορρόφησης ακτίνων X

L. de Broglie → Τα ηλεκτρόνια έχουν κυματική συμπεριφορά



Το μήκος κύματος εξαρτάται από την ορμή του

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

Το υλοκύμα του ηλεκτρονίου εμφανίζει παρόμοια συμπεριφορά με τα κύματα

ΣΥΜΒΟΛΗ

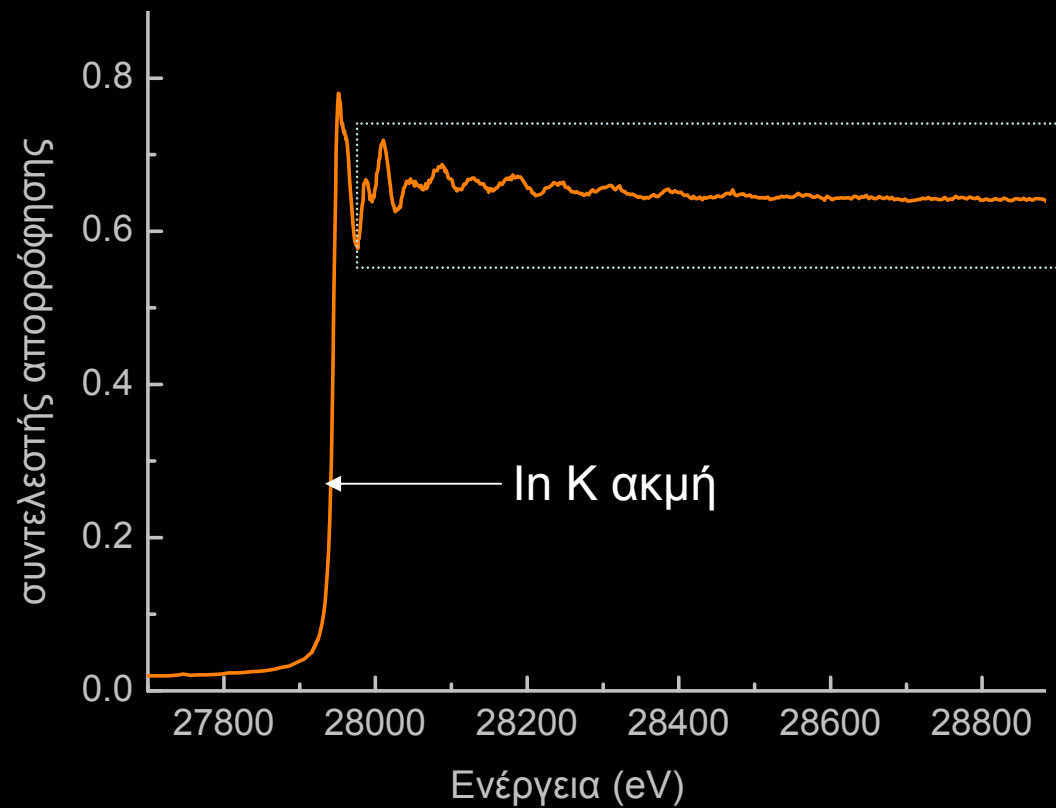
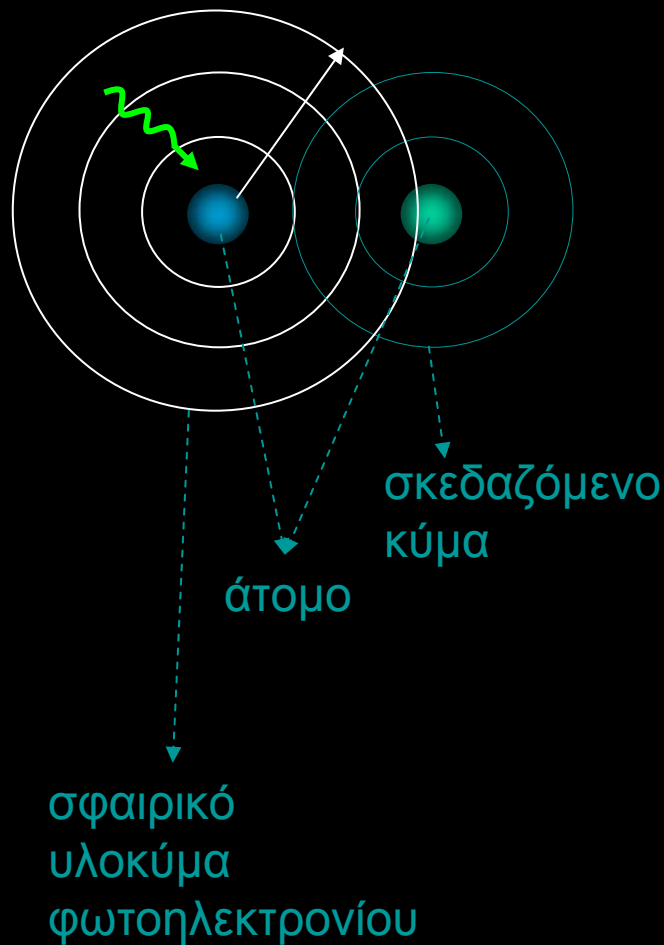
(αρχή επαλληλίας κυμάτων)

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(k(x_2 - x_1))$$

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

4

Φασματοσκοπία λεπτής υφής απορρόφησης ακτίνων Χ



EXAFS

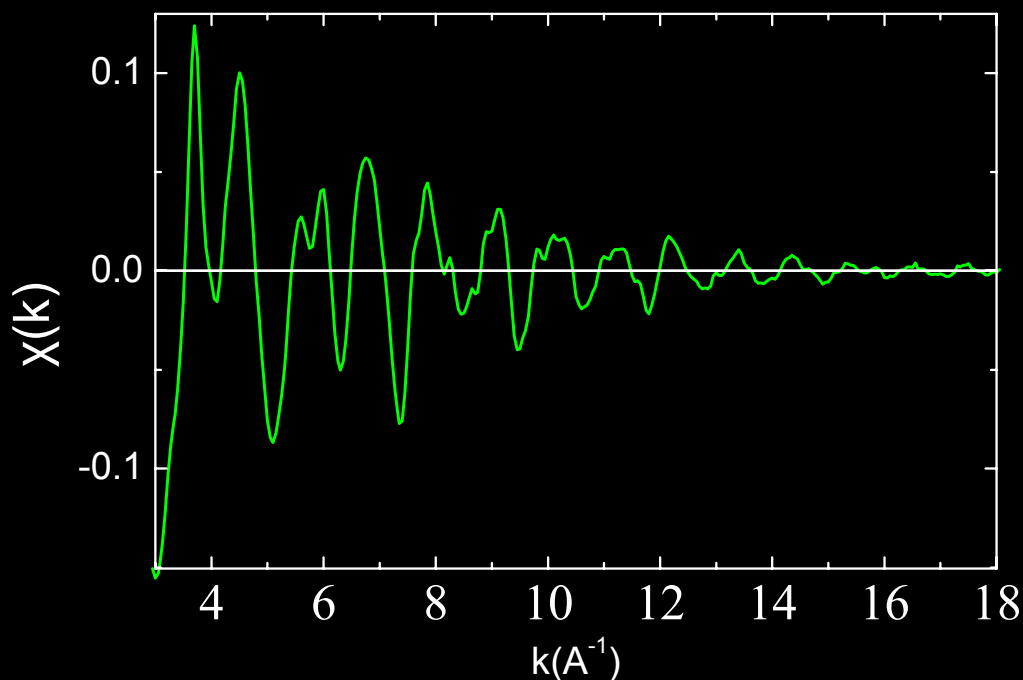
Extended X-ray absorption fine structure

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

4

Φασματοσκοπία λεπτής υφής απορρόφησης ακτίνων Χ (EXAFS)

$$\left. \begin{array}{l} \lambda = \frac{h}{p} \\ k = \frac{2\pi}{\lambda} \end{array} \right\} \rightarrow k = \frac{2\pi}{h} p \Rightarrow k \propto p$$



$$\chi(k) = \sum_j A_j(k) \cdot [\sin(2kr_j + \phi_{ij}(k))]$$

αποστάσεις ατόμων

$$A_j(k) \propto N_j F_j(k) e^{-2\sigma_j^2 k^2}$$

αριθμός συναρμογής

παράγοντας αταξίας

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

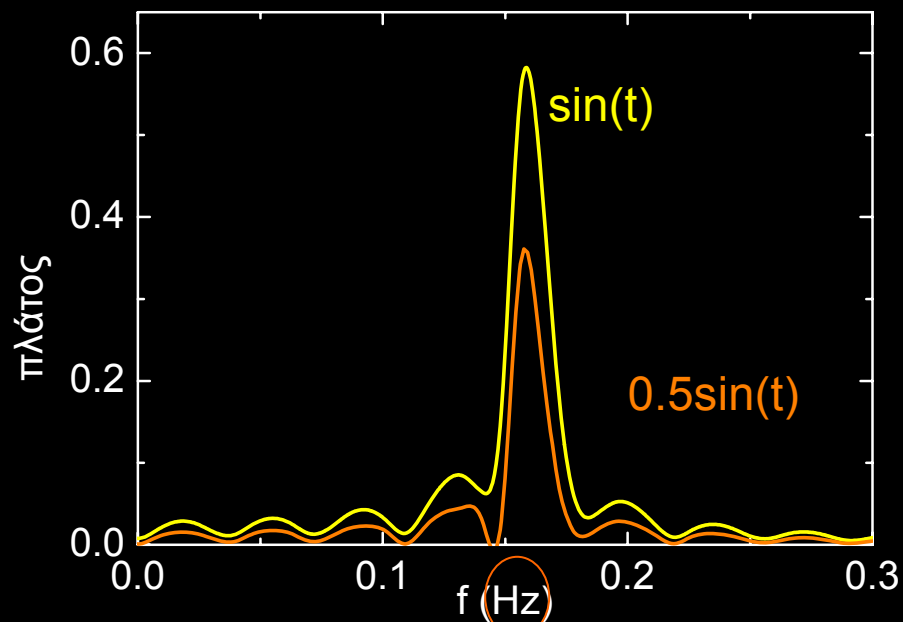
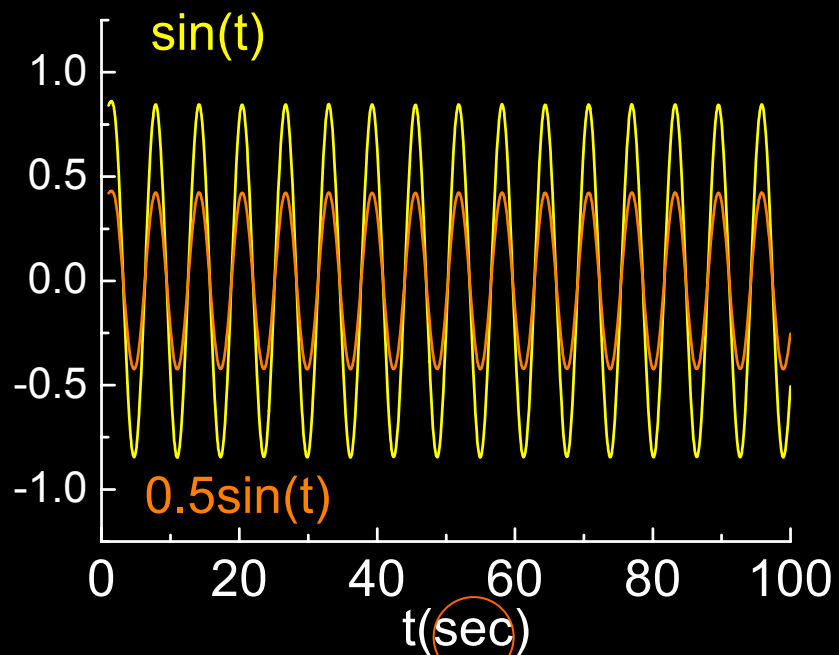
4

Φασματοσκοπία λεπτής υφής απορρόφησης ακτίνων Χ (EXAFS)

Μετασχηματισμός Fourier

$$Y(f) = \int_{-\infty}^{\infty} X(t)e^{-i2\pi ft} dt$$

$$f = \frac{1}{T}$$



Hz \rightarrow sec⁻¹

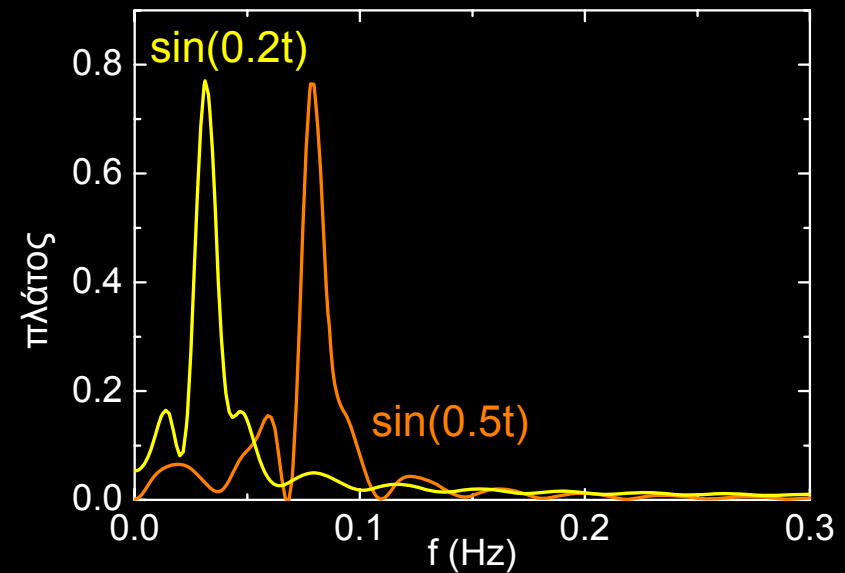
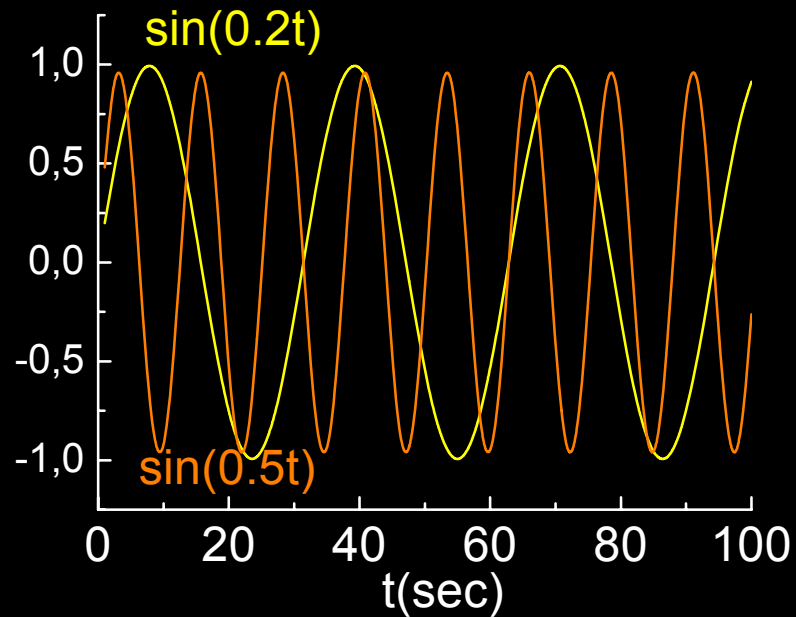
επίδραση του πλάτους

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

4

Φασματοσκοπία λεπτής υφής απορρόφησης ακτίνων Χ (EXAFS)

Μετασχηματισμός Fourier

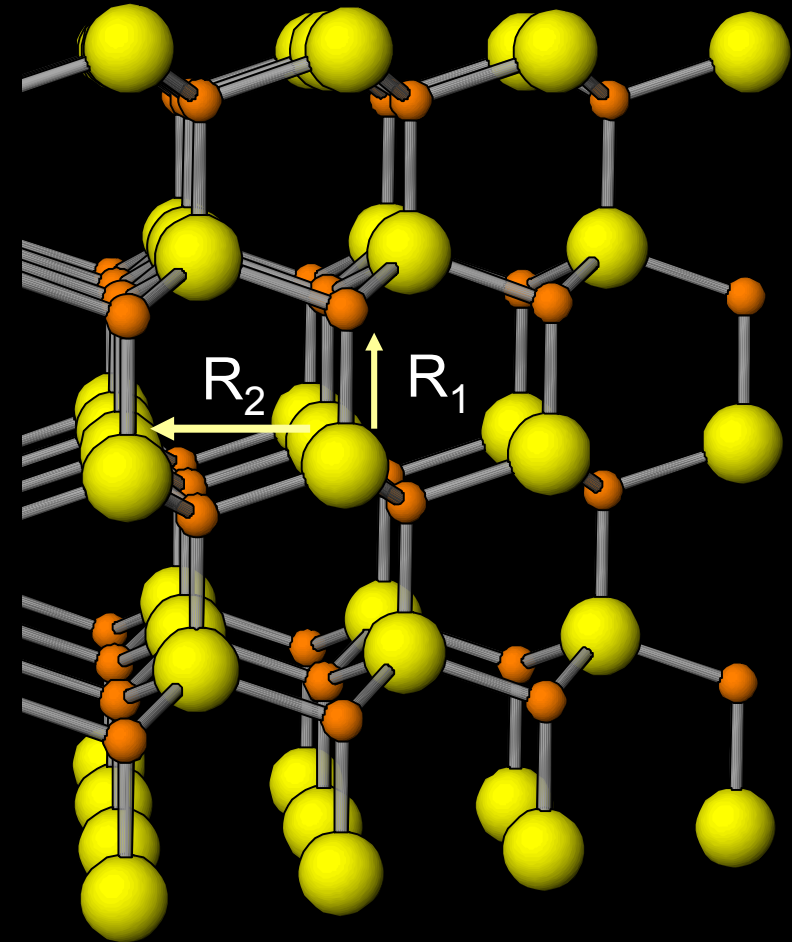
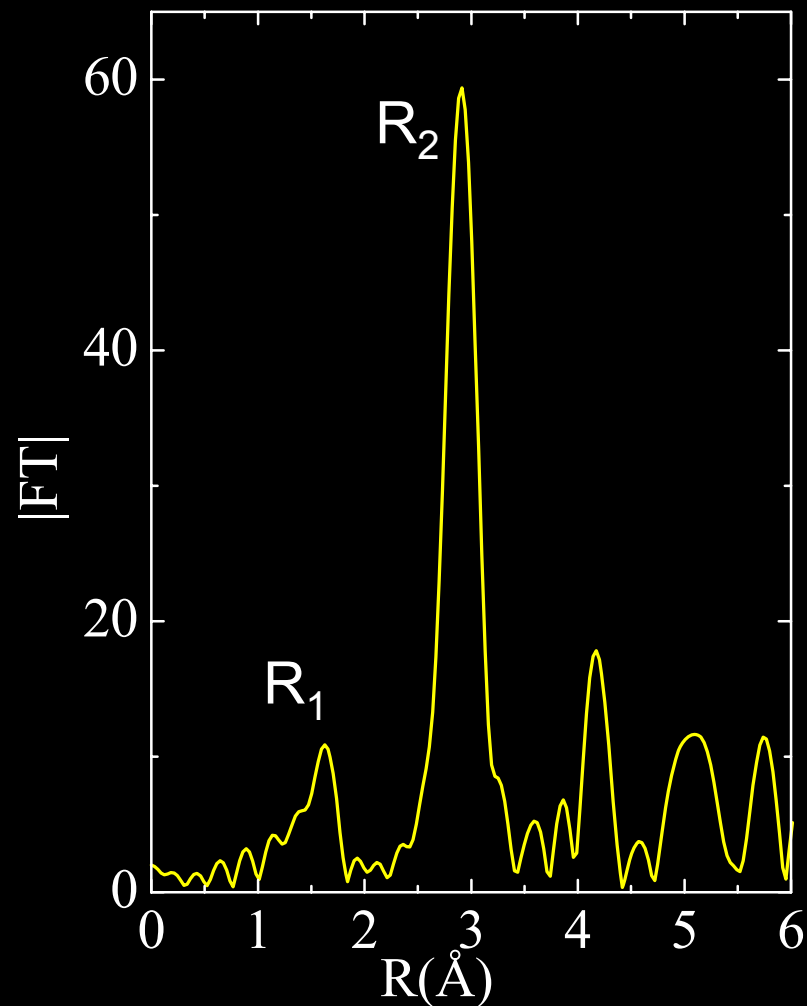


επίδραση της συχνότητας

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

4

Φασματοσκοπία λεπτής υφής απορρόφησης ακτίνων X (EXAFS)



$$\rho(r) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{k_{\min}}^{k_{\min}} w(k) \cdot k^3 \chi(k) \cdot e^{-i2kr} dk$$

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

4

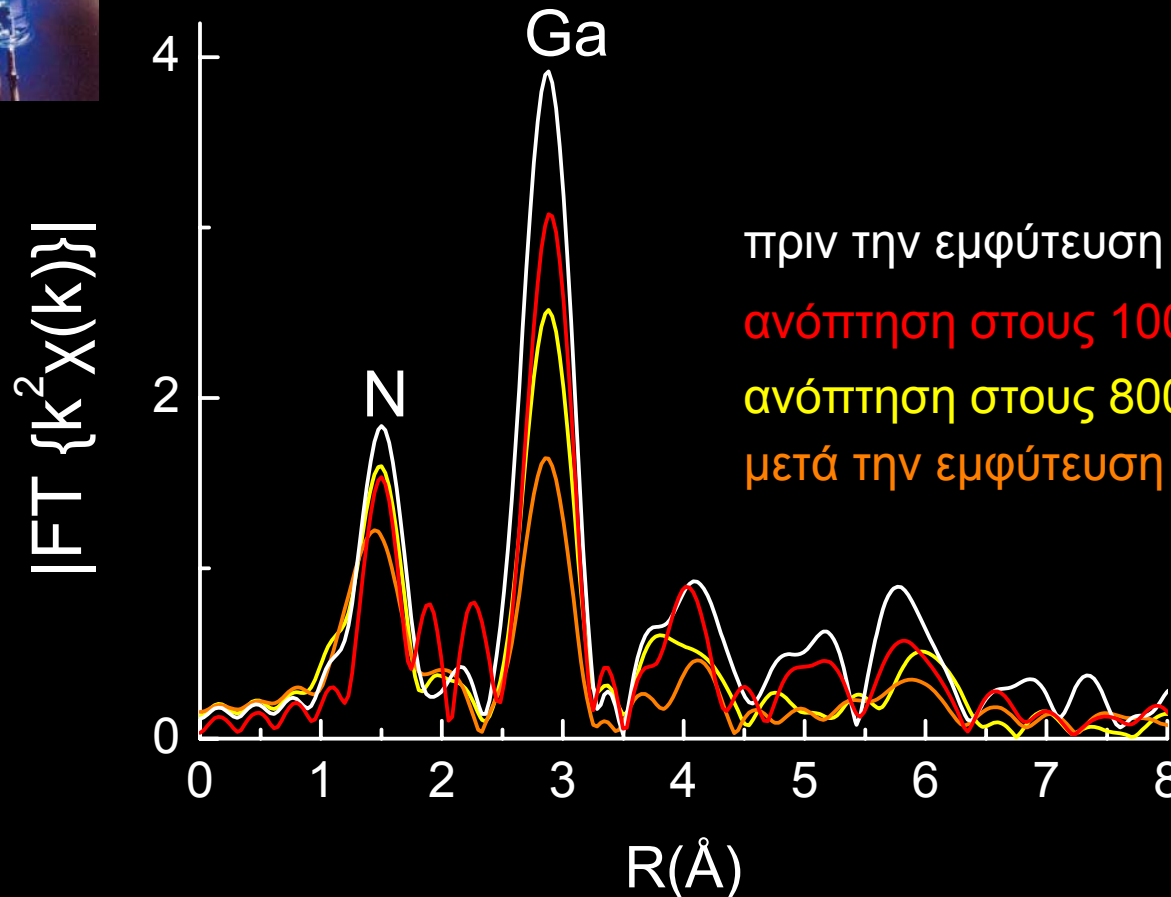
Φασματοσκοπία λεπτής υφής απορρόφησης ακτίνων X (EXAFS)



Εμφύτευση ιόντων In στο GaN

1×10^{16} ιόντα In ανά cm^2

- Σύνθεση νέων υλικών
- Εισαγωγή προσμίξεων



$$A_j(k) \propto N_j F_j(k) e^{-2\sigma_j^2 k^2}$$



ΣΥΝΟΨΗ

- Το φως αλληλεπιδρά με την ύλη με διάφορους μηχανισμούς
- Καθένας απ αυτούς είναι σημαντικός σε διαφορετική περιοχή ενεργειών
- Με υπέρυθρο φως
 - μπορούμε να κάνουμε απεικόνιση σωμάτων ακόμα και στο σκοτάδι
 - μπορούμε να μελετήσουμε βαθύτερες χρωματικές στρώσεις σε πίνακες γιατί έχει μεγαλύτερο βάθος διείσδυσης από το ορατό
- Οι ακτίνες X έχουν μεγάλο βάθος διείσδυσης και χρησιμοποιούνται στη ραδιογραφία
- Οι ακτίνες X που παράγονται σε εγκαταστάσεις Σύγχροτρον έχουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά όπως υψηλή ένταση, ευρύ ενεργειακό φάσμα, μικρή γωνιακή εκτροπή και χρησιμοποιούνται στη φασματοσκοπική και απεικονιστική μελέτη των υλικών.

ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ - ΑΠΘ
ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΣΤΕΡΕΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
ΟΜΑΔΑ ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑΣ

Ε. Κ. Παλούρα: φασματοσκοπίες ακτίνων Χ (XAFS, XRF)

Σ. Βεζ: φασματοσκοπία σκέδασης φωτός LASER (RAMAN)

Σ. Λογοθετίδης: φασματοσκοπίες ορατού, UV (elipsometry)

Κ. Παρασκευόπουλος: φασματοσκοπίες IR (FTIR)