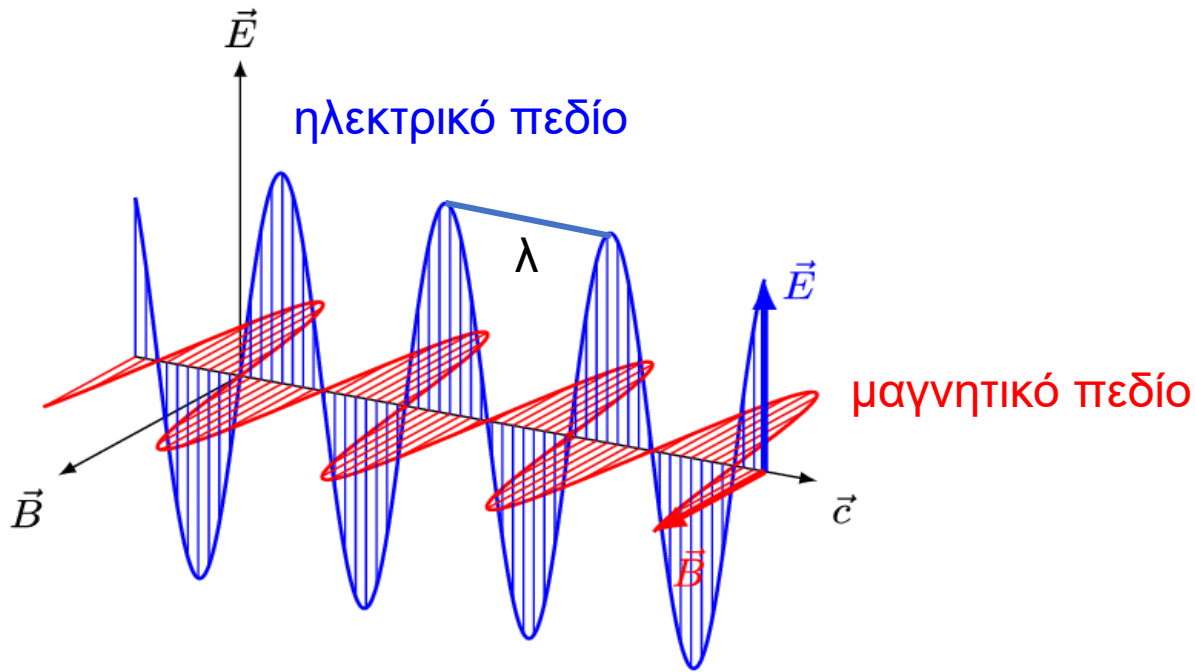


Φασματοφωτομετρία Υπερύθρου IR



Βασικές έννοιες

Φωτεινή ενέργεια : μεταδίδεται με τη μορφή κύματος

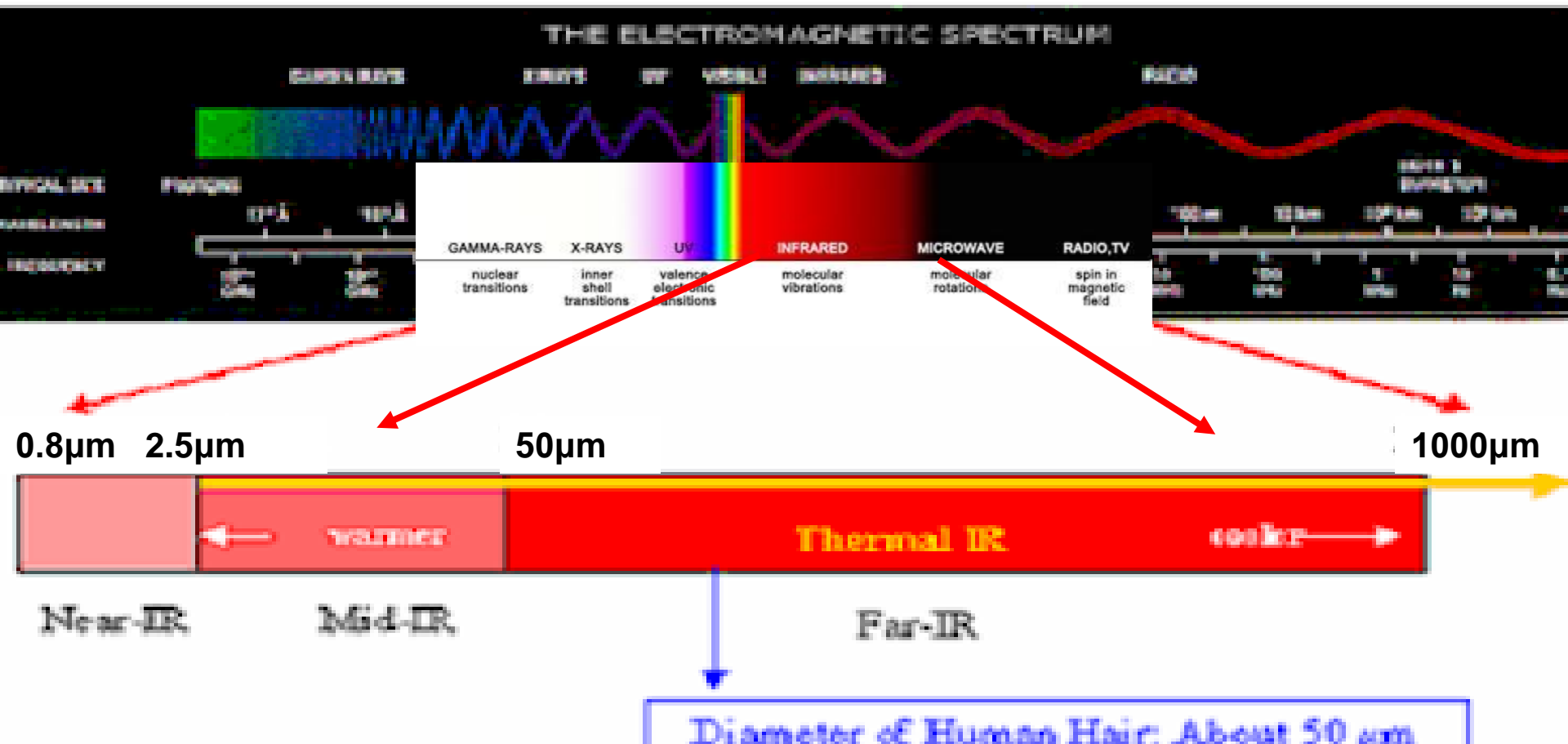


Μήκος κύματος λ : απόσταση μεταξύ δύο μεγίστων (nm)

Συχνότητα: αριθμός πλήρων κυμάτων ανά sec

Το υπέρυθρο (*Infrared – IR*) διακρίνεται σε 3 περιοχές:

	<u>Μήκος κύματος (λ)</u>	<u>Κυματάρυθμος $\bar{\nu}$</u>
Εγγύς υπέρυθρο:	0,8 μm – 2,5 μm	12.500-4000 cm^{-1}
Μέσο υπέρυθρο:	2,5 μm – 50 μm	4000-200 cm^{-1}
Άπω υπέρυθρο:	50 μm – 1000 μm	200-10 cm^{-1}



ορισμοί

$$c = \lambda n \nu \Rightarrow \lambda = \frac{c}{\nu n} \quad (1) \Rightarrow \nu = \frac{c}{\lambda n}$$



$$\bar{\nu} / \text{cm}^{-1} = \frac{10000 \mu\text{m}}{\lambda} = \frac{10000 \mu\text{m}}{\lambda(\mu\text{m})} \quad (3)$$

$$(3, 1) \Rightarrow \bar{\nu} = \frac{\nu n}{c}$$



$$E = h \nu \Rightarrow E = h \frac{c}{\lambda} \Rightarrow E = hc \bar{\nu}$$

$$\bar{\nu} / \text{cm}^{-1} = \frac{1 \text{cm}}{\lambda} = \frac{10000 \mu\text{m}}{\lambda(\mu\text{m})}$$

όπου λ : το μήκος κύματος της ακτινοβολίας.

c : ταχύτητα του φωτός στο κενό $2,998 \times 10^{10}$ cm/sec

n : ο δείκτης διάθλασης στο κενό = 1

ν : συχνότητα (Hertz)

h : Σταθερά Plack $6,626 \times 10^{-27}$ erg sec

ΦΑΣΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Ακτινοβολία	Συχνότητα	Μήκος κύματος	Ενέργεια	Τύπος φασματοσκοπίας
	ν (Hertz)	λ (cm)	(eV)	
Ραδιοκύματα	10^5-10^9	10^5-10^1	$10^{-9}-10^{-5}$	Πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού (NMR) Πυρηνικού τετραπολικού συντονισμού (NQR)
Μικροκύματα	10^9-10^{11}	10^1-10^1	$10^{-5}-10^{-3}$	Ηλεκτρονικού παραμαγνητικού συντονισμού (ESR)
Άπω υπέρυθρο	$10^{11}-10^{13}$	$10^{-1}-2\chi-10^{-3}$	$10^{-3}-10^{-1}$	Άπω υπέρυθρου
Υπέρυθρο	$10^{13}-10^{14}$	$2\chi 10^{-3}-7\chi 10^{-5}$	$10^{-1}-10^0$	Υπερύρθου (IR)
Ορατό και Εγγύς Υπεριώδες	$10^{14}-10^{15}$	$7\chi 10^{-5}-2\chi 10^{-5}$	10^0-10^1	Φθορισμού Ατομικής απορρόφησης, Raman
Υπεριώδες				Ηλεκτρονική
Ακτίνες Χ	$10^{17}-10^{19}$	$2\chi 10^{-7}-2\chi 10^{-9}$	10^3-10^5	Φωτοηλεκτρονική Φασματοσκοπία ακτίνων Χ(XPS) Περίθλαση ακτίνων Χ

Ποσοτικοί προσδιορισμοί με IR

Νόμος Lambert – Beer

$$\log(I_0/I) = \epsilon Cd \quad \longrightarrow \quad A = \epsilon Cd \quad (1)$$

$$\log(I/I_0) = -\epsilon Cd \quad \longrightarrow \quad -\log(T) = \epsilon Cd \quad \quad -\log(T) = A$$

όπου:

I_0 ή P_0 = η ένταση της ακτινοβολίας που προσπίπτει στο διάλυμα

I ή P = η ένταση της ακτινοβολίας που διαπερνά το διάλυμα

ϵ = μοριακός συντελεστής απορρόφησης

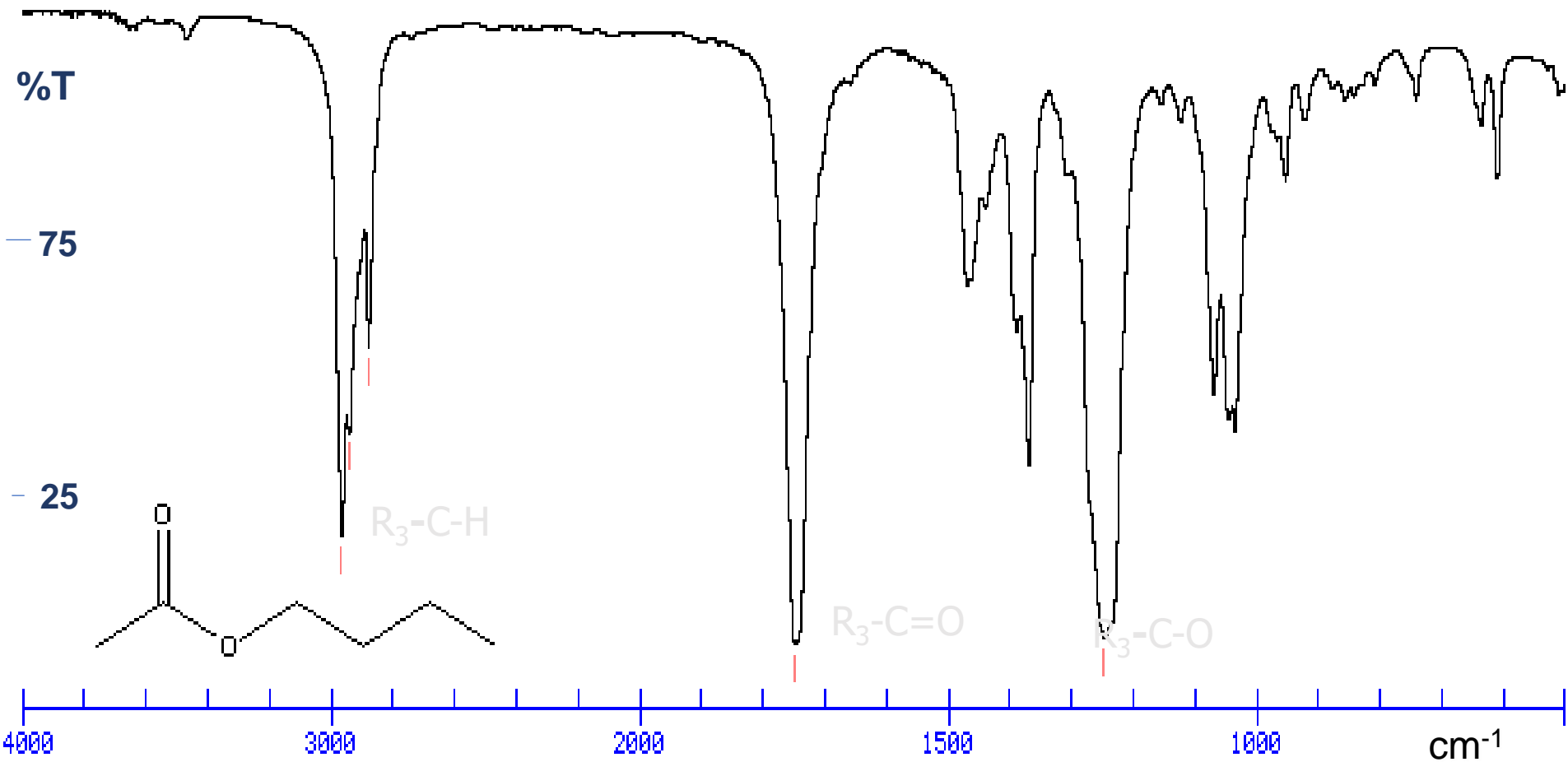
C = η συγκέντρωση της ουσίας στο διάλυμα

d = το πάχος της στιβάδας του διαλύματος

Διαπερατότητα T , (transmittance) : I/I_0 (2)

Απορρόφηση (A , absorbance, O.D., optical density): $\log(I_0/I)$

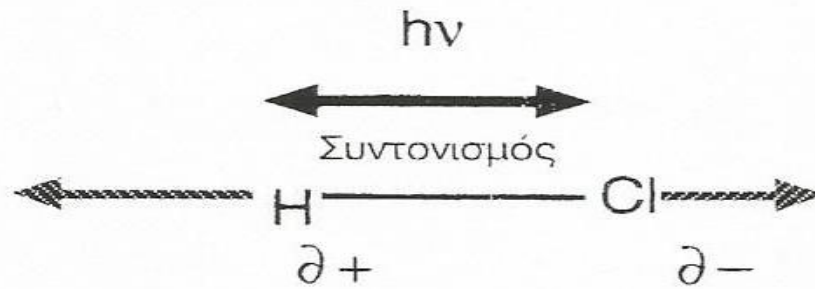
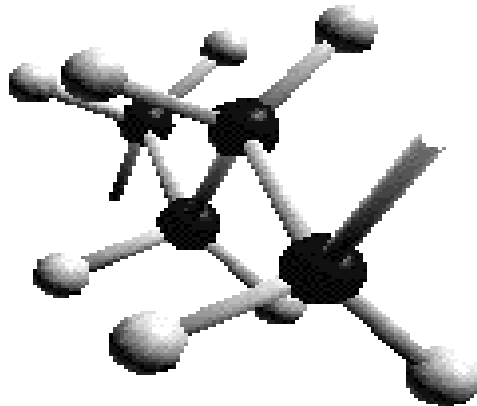
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ



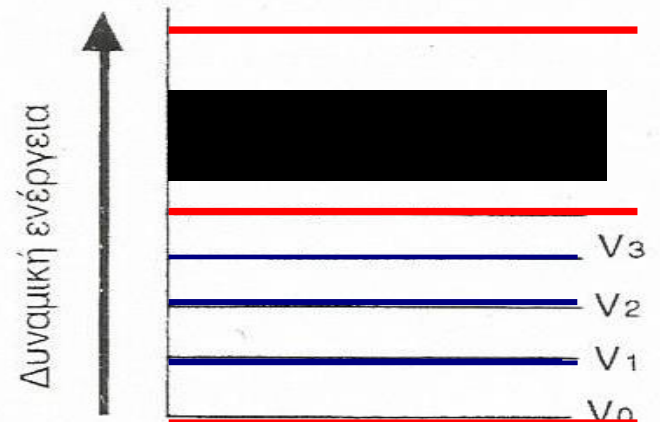
- $\text{C}=\text{O}$: $1630-1750\text{cm}^{-1}$
- $\text{C}-\text{H}$: $2850-2950\text{cm}^{-1}$
- $\text{C}-\text{O}$: $\sim 1200\text{cm}^{-1}$

Φασματοφωτομετρία υπερύθρου (IR)*

- Οι απορροφήσεις στην περιοχή αυτή δεν οφείλονται σε μεταπτώσεις ηλεκτρονίων αλλά σε διεγέρσεις δόνησης, ταλάντωσης ή περιστροφής του μορίου.



Ο δεσμός έχει συχνότητα δόνησης στην οποία συντονίζεται



Ηλεκτρονικές
στάθμες
ενέργειας

Δομητικές
στάθμες
ενέργειας

ΤΥΠΟΙ ΔΟΝΗΣΕΩΝ

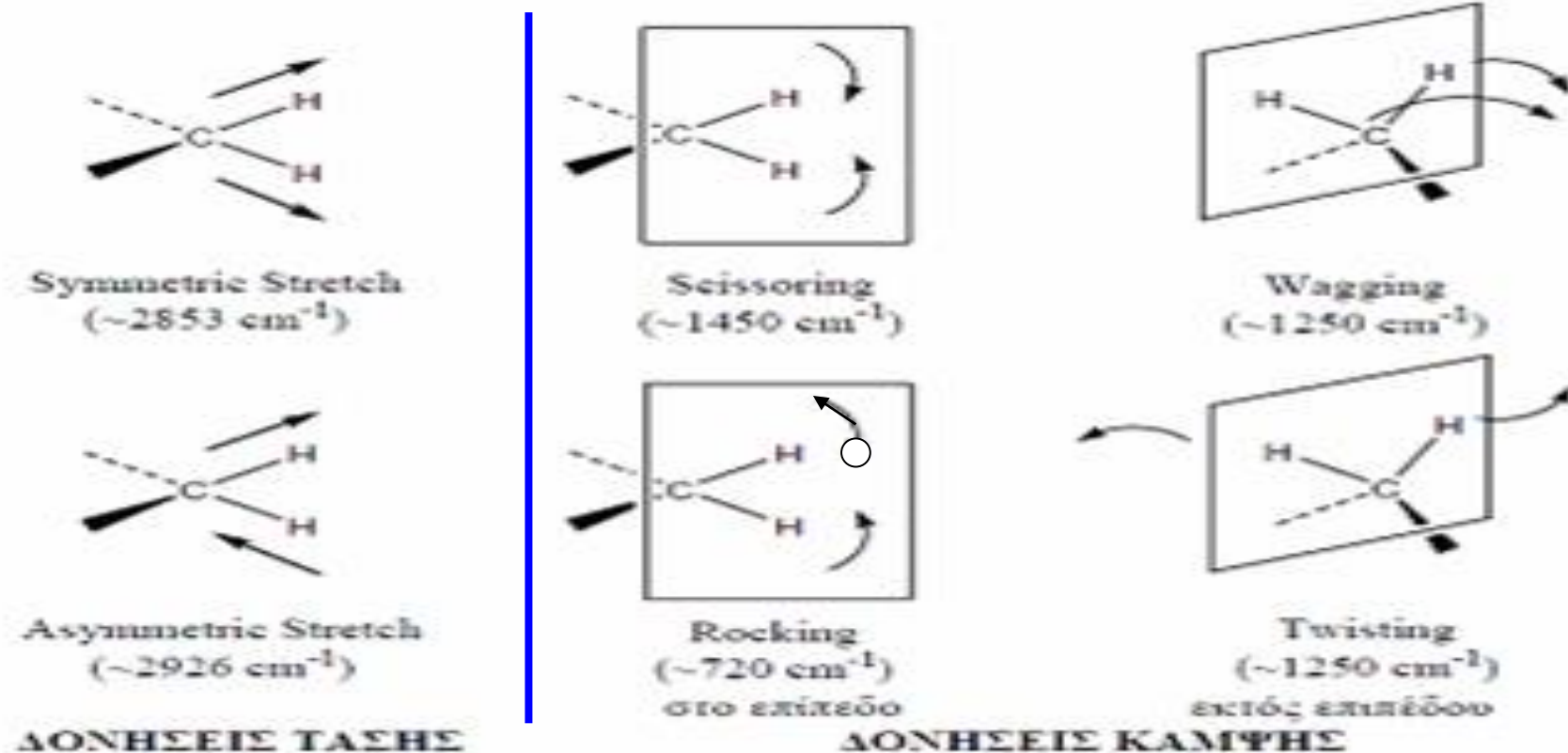
- Οι διάφοροι τύποι δονήσεων των ομάδων του τύπου **AX₂** φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.

Δονήσεις τάσεως

- 1) Stretching-(Συμμετρικές)-Symmetry
- 2) Stretching-(Ασύμμετρος)-Asymmetry

Δονήσεις κάμψης

- 1) Bending-(λικνιζόμενη) rocking
- 2) (Bending-(ψαλιδοειδής) Scissoring



□ Δονήσεις τύπου **AX₃** είναι:

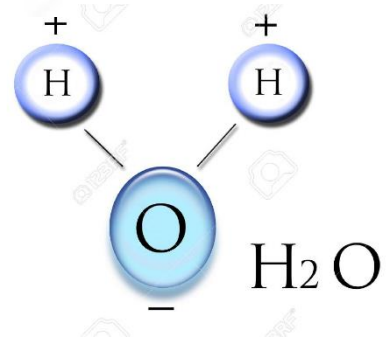
Ταλαντευόμενη (wagging) ω
Περιστρεφόμενη (twisting) γ

Αριθμοί δονήσεων



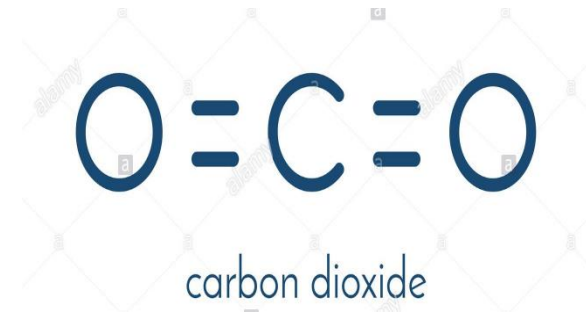
- Μη γραμμικό μόριο : $3N-6$ (αριθμός ατόμων)

Π.χ. H_2O αριθμοί δονήσεων $3 \times 3-6=3$

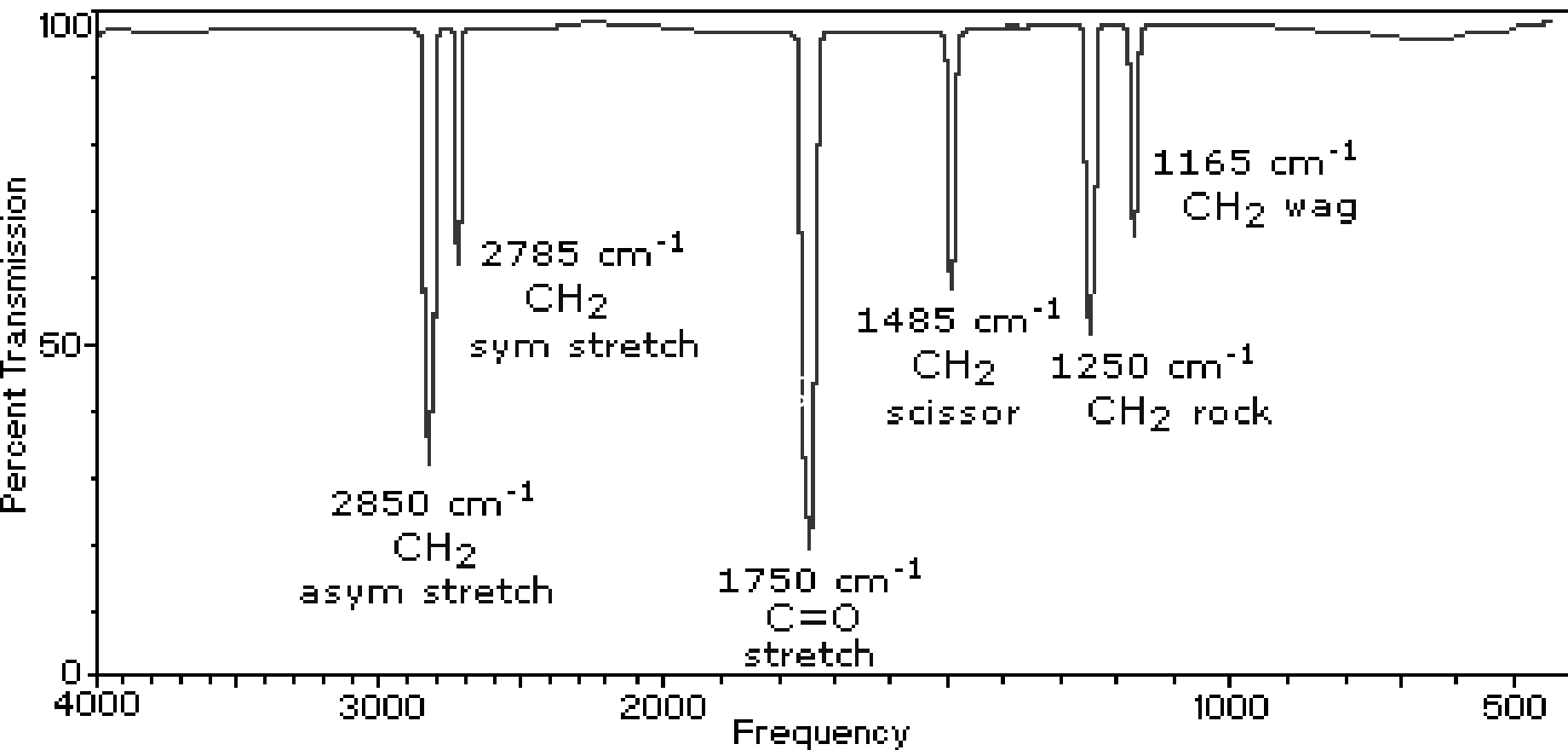


- Γραμμικό μόριο : $3N-5$

Π.χ CO_2 αριθμοί δονήσεων $3 \times 3-5=4$



Φάσμα φορμαλδεΐδης ($\text{H}_2\text{C}=\text{O}$)



Αριθμός δυνατών δονήσεων = $3 \times 4 - 6 = 6$



Γιατί κάποιες φορές παρατηρούμε φάσμα με μεγαλύτερο αριθμό ταινιών από το προβλεπόμενο?

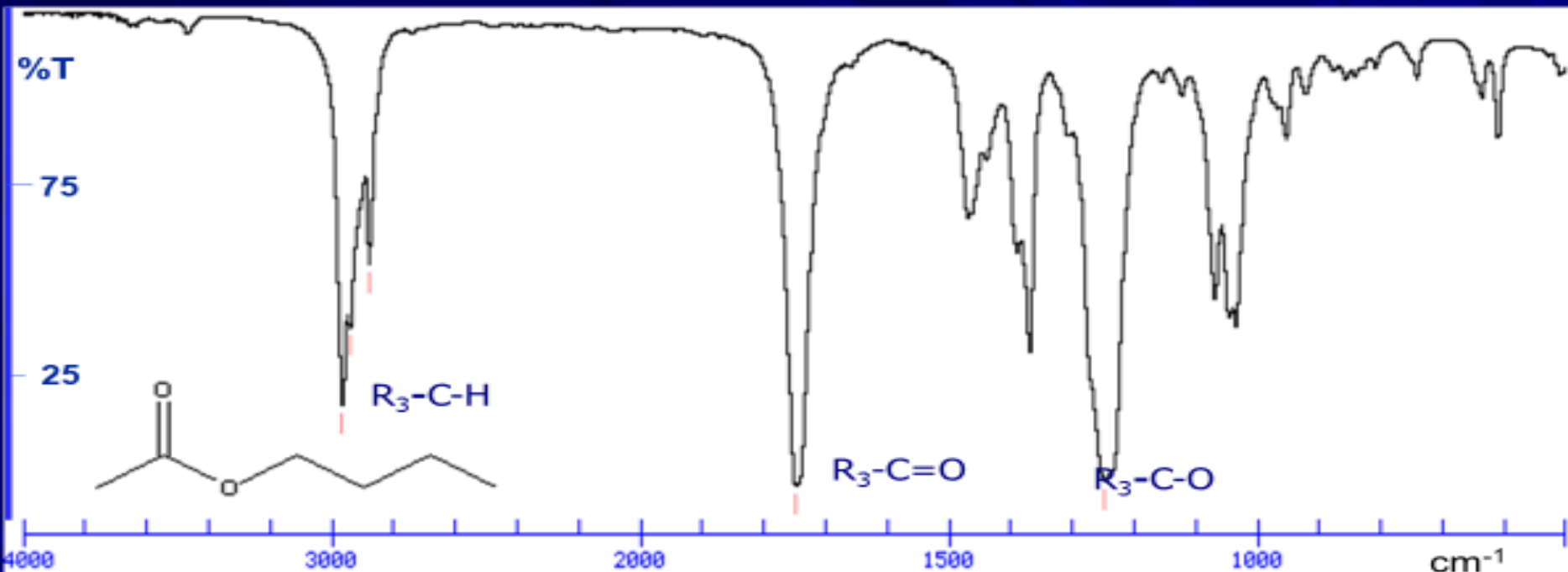
- **Ανενεργές** (λόγω συμμετρίας ίδιο ν , εκφυλισμένες)
(κοντινές τιμές ν)
τιμές απορρόφησης εκτός κλίμακας
- **Υπερτονικές** (με ν πολλαπλάσια της βασικής συχνότητας δόνησης)
- **Συνδυασμού** (με ν ίσο με το άθροισμα ή τη διαφορά δύο δονήσεων)
- **Συζεύξεως** (προέρχεται από τις δονήσεις δυο γειτονικών ομάδων)

Ανεύρεση της έντασης απορρόφησης στο IR

- Απορρόφηση ηλεκτρομαγνητικής IR ακτινοβολίας προϋποθέτει μεταβολή της διπολικής ροπής του μορίου/δεσμού κατά τη διάρκεια της δόνησης

Μεγάλη διπολική ροπή \rightarrow Σχυρή απορρόφηση \rightarrow Μικρή διαπερατότητα

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

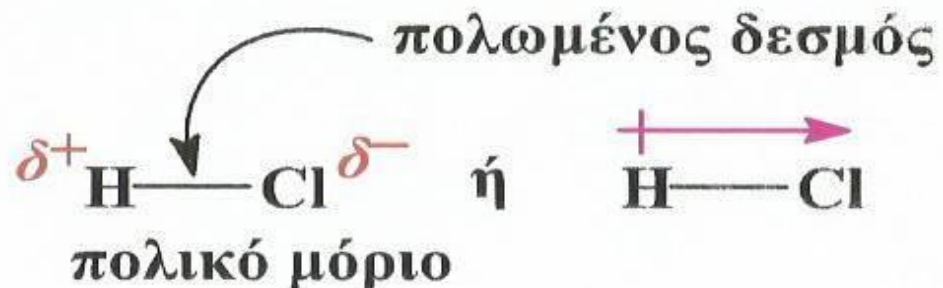


Πολικά μόρια και διπολική ροπή

Ηλεκτραρνητικότητα: μέτρο της ικανότητας ενός ατόμου που βρίσκεται σε μόριο να έλκει προς το μέρος του δεσμικά e.

Παράδειγμα H-Cl

$$\chi_{\text{Cl}} = 3,0 \quad \chi_{\text{H}} = 2,1 \Rightarrow \Delta\chi = 0,9$$



Κάθε μόριο AB, για το οποίο $\Delta\chi \neq 0$, είναι πολικό

Διπολική ροπή (μ): ένα διανυσματικό μέγεθος που μετρά ποσοτικά το διαχωρισμό φορτίων σε ένα μόριο

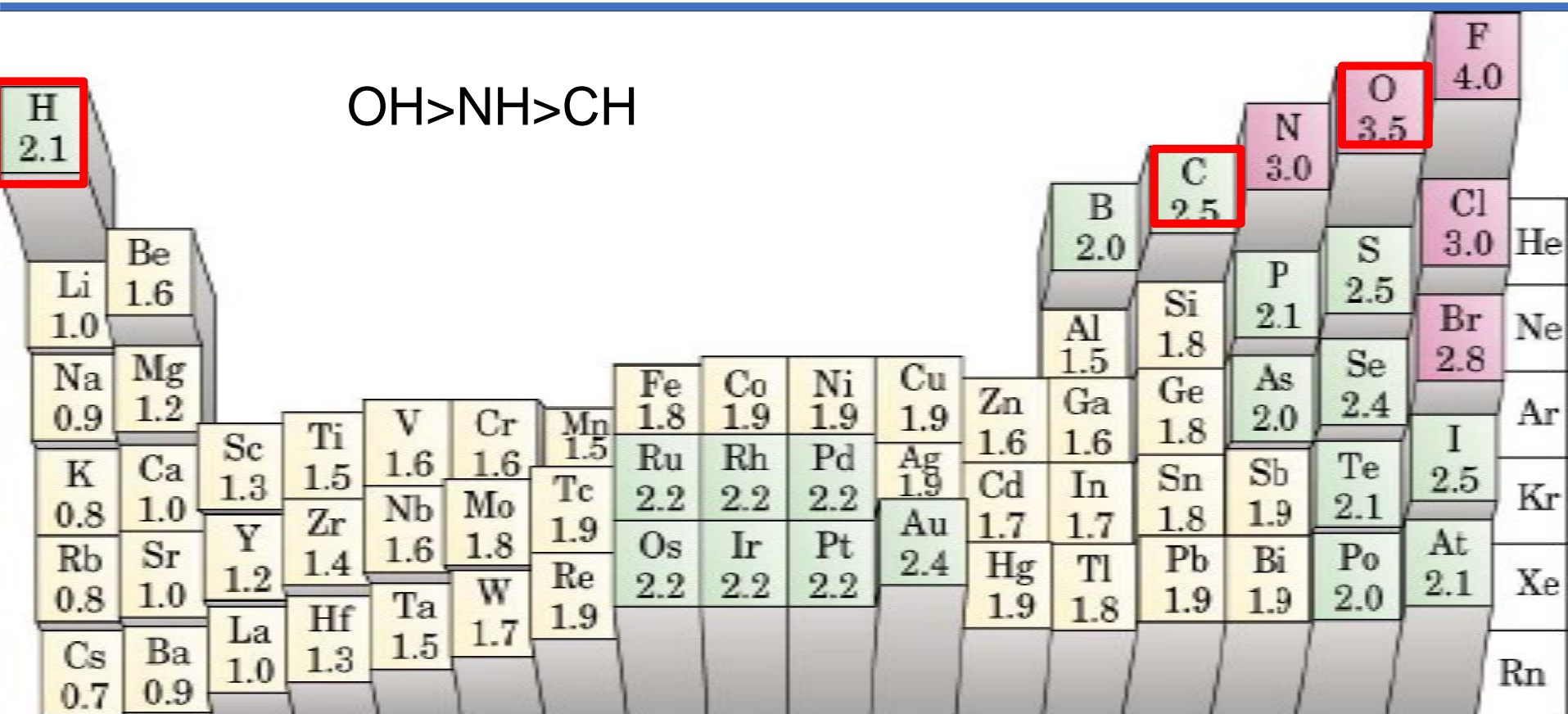
$$\mu = \delta r$$

r = η απόσταση ανάμεσα στα μερικά φορτία $\delta+$ και $\delta-$

Μονάδα μέτρησης διπολικής ροπής

$$1 \text{ debye (D)} = 3,34 \times 10^{-30} \text{ C}\cdot\text{m (coulomb}\cdot\text{meter)}$$

Πίνακας ηλεκτραρνητικότητας



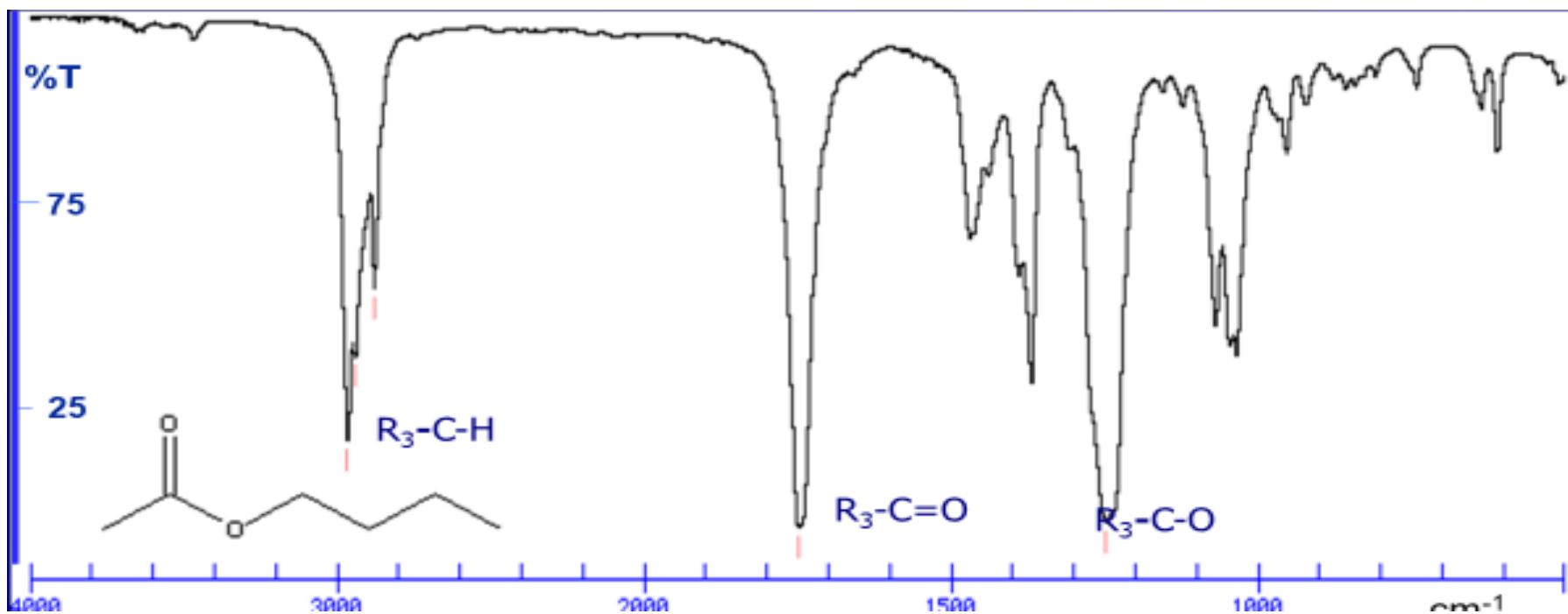
© Thomson - Brooks Cole

- Δεσμοί ανάμεσα σε άτομα με ίδιες τιμές Ηλεκτραρνητικότητας είναι ομοιοπολικοί
- Δεσμοί ανάμεσα σε άτομα με διαφορά Ηλεκτραρνητικότητας <2 είναι πολικοί ομοιοπολικοί
- Δεσμοί ανάμεσα σε άτομα με διαφορά Ηλεκτραρνητικότητας >2 είναι ιοντικοί



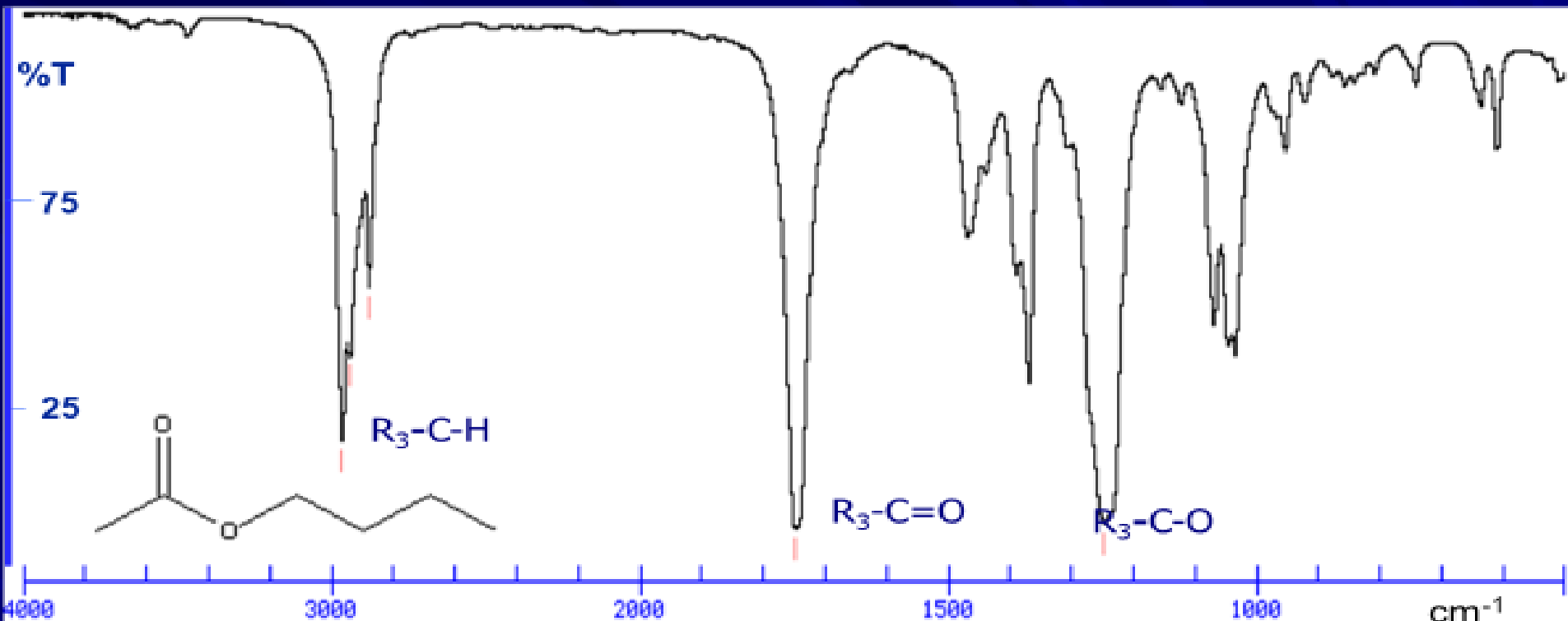
Πως βρίσκουμε την ένταση μιας ταινίας απορρόφησης στο IR

- Μεγάλη μεταβολή διπολικής ροπής μεταξύ των ατόμων που δονούνται \longrightarrow Ισχυρή απορρόφηση (μικρό T)





Πως προβλέπουμε τον
κυματάριθμο ή το μήκος κύματος
εμφάνισης κορυφής στο IR



- C=O : 1630-1750cm⁻¹
- C-H : 2850-2950cm⁻¹
- C-O : ~1200cm⁻¹

Ανεύρεση της συχνότητας ταλάντωσης ενός δεσμού

- Σε ένα διατομικό μόριο η συχνότητα ταλάντωσης του δεσμού δίνεται από τη σχέση:

$$\nu = \frac{1\sqrt{k/\mu}}{2\pi} \quad \xrightarrow{\quad \overline{\nu} = \nu/c \quad} \quad \nu = \frac{1\sqrt{k/\mu}}{2\pi c}$$

όπου k = σταθερά ισχύος του δεσμού dyn/cm, (τριπλός > διπλό > απλό)
 c = η ταχύτητα του φωτός ,

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

m_1 και m_2 οι μάζες των δυο ατόμων ($m = AB \text{ gr} / 6,022 \times 10^{23}$).

- Εάν στο πιο πάνω μόριο πέσει υπέρυθρη ακτινοβολία με συχνότητα ($E = h\nu = hc/\lambda$) ίση με τη συχνότητα ν του μορίου τότε έχουμε απορρόφηση (Διέγερση) και αύξηση της έντασης δόνησης του. Επειδή όμως κάθε δεσμός έχει διαφορετική σταθερά ισχύος κάθε δεσμός έχει ορισμένο μήκος κύματος στο οποίο απορροφά.
- Όταν το μόριο επιστρέφει στη βασική κατάσταση τότε η ενέργεια αποβάλλεται υπό μορφή θερμότητας

$$v = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\kappa}{\mu}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\kappa \left(\frac{m_1 + m_2}{m_1 m_2} \right)}$$

Όπου: κ είναι η σταθερά του δεσμού

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

O-H > N-H > C-H > C \equiv N > C \equiv C > C=O > C=C > C-O > C-C > C-F > C-Cl

$$v_{C-O} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\kappa \frac{(12+16)/6.022 \times 10^{23}}{12 \times 16 / (6.022 \times 10^{23})^2}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\kappa \frac{28}{192 / 6,022 \times 10^{23}}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\kappa \times 0,145 \times 6,022 \times 10^{23}}$$

$$v_{O-H} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\kappa \frac{(16+1)/6.022 \times 10^{23}}{16 \times 1 / (6.022 \times 10^{23})^2}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\kappa \frac{17}{16 / 6,022 \times 10^{23}}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\kappa \times 1.0625 \times 6,022 \times 10^{23}}$$

Περιοχή τάσεως και κάμψεως απλού δεσμού/περιοχή των αποτυπωμάτων (fingerprint)

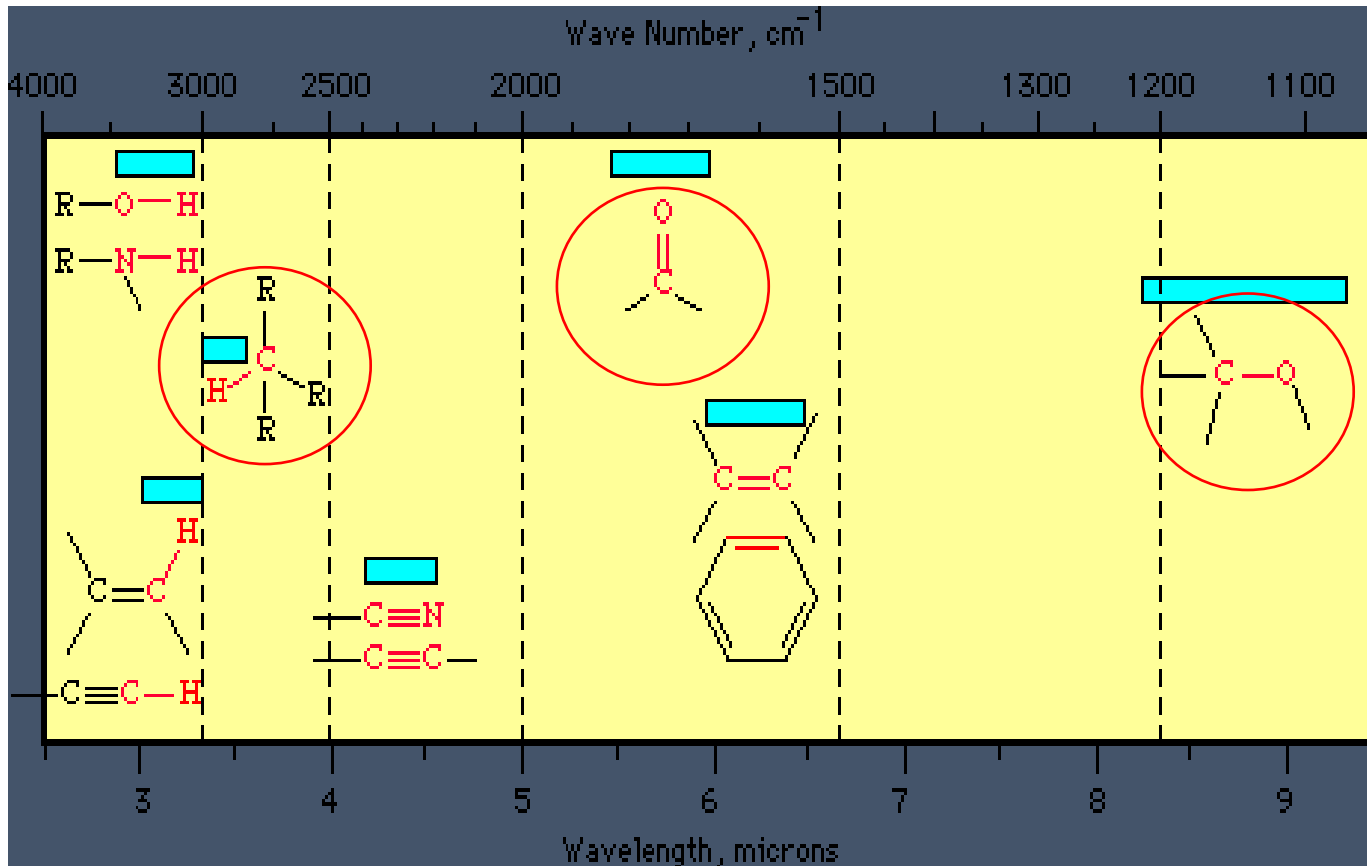
Δεσμός	Είδος ένωσης	Εύρος συχνοτήτων, cm ⁻¹	Ένταση
C-H	Αλκάνια	2850-2970	Ισχυρή
		1340-1470	Ισχυρή
C-H	Αλκένια $\left(>C = C < \begin{matrix} H \\ \end{matrix} \right)$	3010-3095	Μέτρια 4000-2500cm ⁻¹
		1500-700cm ⁻¹	675-995
C-H	Αλκίνια (-C≡C-H)	3300	Ισχυρή
C-H	Αρωματικοί δακτύλιοι	3010-3100	Μέτρια
		690-900	Ισχυρή
O-H	Μονομερείς αλκοόλες, φαινόλες	3590-3650	Κυμαινόμενη
	Αλκοόλες, φαινόλες με δεσμούς υδρογόνου	3200-3600	Κυμαινόμενη, μερικές φορές πλατιά
	Μονομερή καρβοξυλικά οξέα	3500-3650	Μέτρια
	Καρβοξυλικά οξέα με δεσμούς υδρογόνου	2500-2700	Πλατιά
N-H	Αμίνες, αμίδια	3300-3500	Μέτρια
C=C	Αλκένια	2000-1600cm ⁻¹	Κυμαινόμενη
C=C	Αρωματικοί δακτύλιοι	1500-1600	Κυμαινόμενη
C≡C	Αλκίνια	2100-2260	Κυμαινόμενη
C-N	Αμίνες, αμίδια	1180-1360	Ισχυρή
C≡N	Νιτρίλια	2500-2000cm ⁻¹	Ισχυρή
C-O	Αλκοόλες, αιθέρες, καρβοξυλικά οξέα, εστέρες	1050-1300	Ισχυρή
C=O	Αλδεΐδες, κετόνες, καρβοξυλικά οξέα, εστέρες	1690-1760	Ισχυρή
NO ₂	Νιτροενώσεις	1500-1570	Ισχυρή
		1300-1370	Ισχυρή

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΕΩΝ

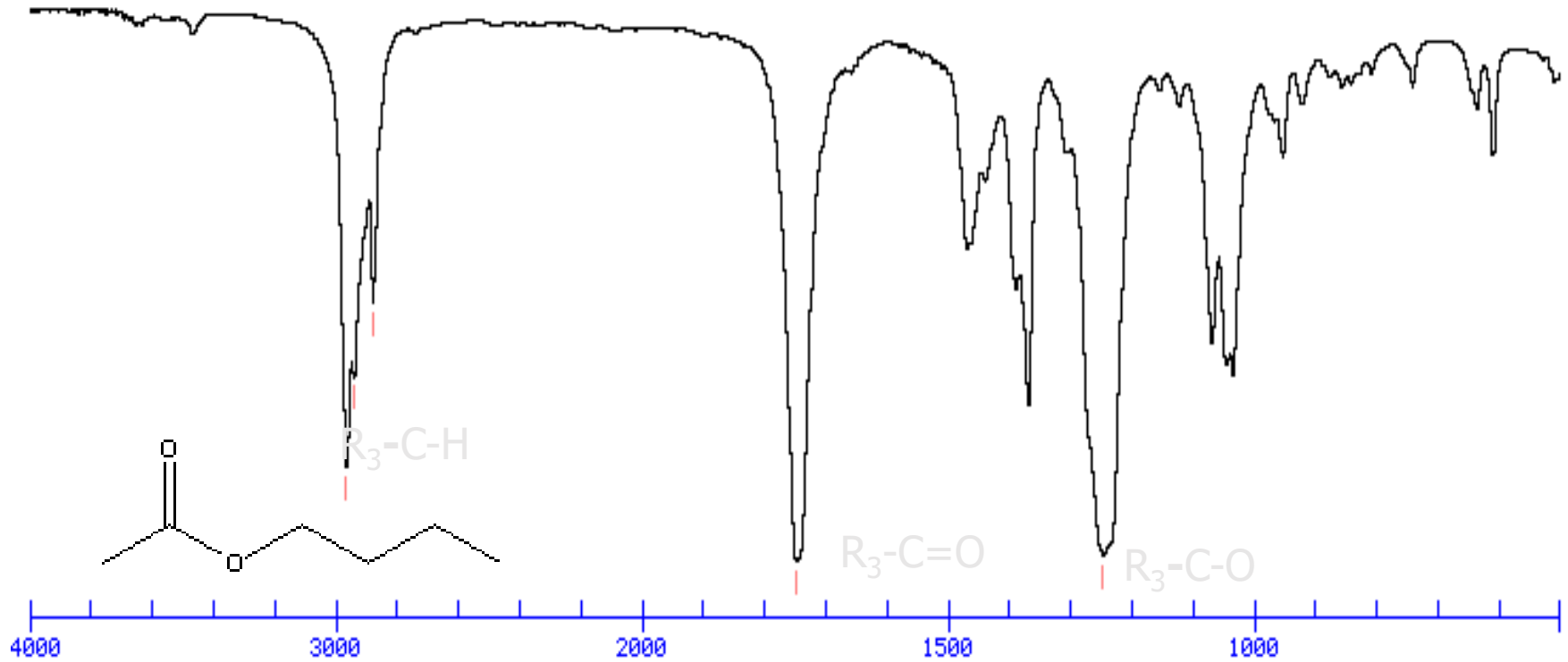
- C=O : 1630-1750cm⁻¹

O-H > N-H > C-H > C≡N > C≡C > C=O > C=C > C-O > C-C > C-F > C-Cl

- C-O : ~1200cm⁻¹ αιθερικό



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ



- C=O : 1630-1750
- C-H : 2850-2950
- C-O : ~1200

Δεσμοί Υδρογόνου

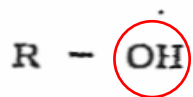
Π Ι Ν Α Κ Α Σ										
ουσία	ατμοί	ουσίας	εξάνιο	CCl_4	CS_2	CHCl_3				
$\text{C}_6\text{H}_5\text{-C(=O)-CH}_3$	1709	cm^{-1}	1697	cm^{-1}	1692	cm^{-1}	1690	cm^{-1}	1683	cm^{-1}

Η τιμή της κορυφής απορρόφησης της κετονικής ομάδας της ακετοφαινόνης διαφέρει από διαλύτη σε διαλύτη.

Ακετοφαινόνη

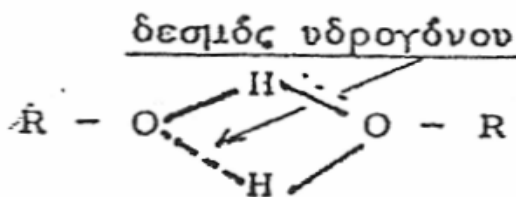
Δεσμοί Υδρογόνου

Διαμοριακοί δεσμοί



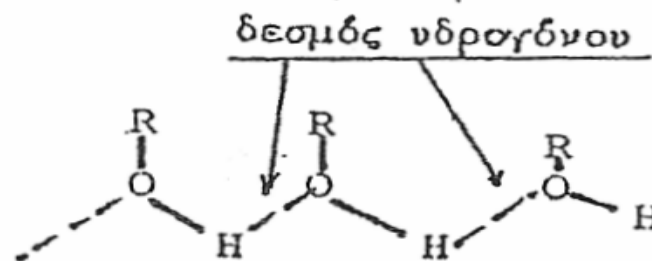
ελεύθερη μορφή

3650-3600cm⁻¹



Διμερές

3550-3450 cm⁻¹



Πολυμερές

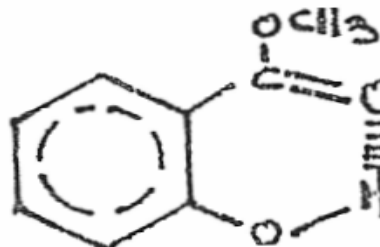
3400-3200cm⁻¹



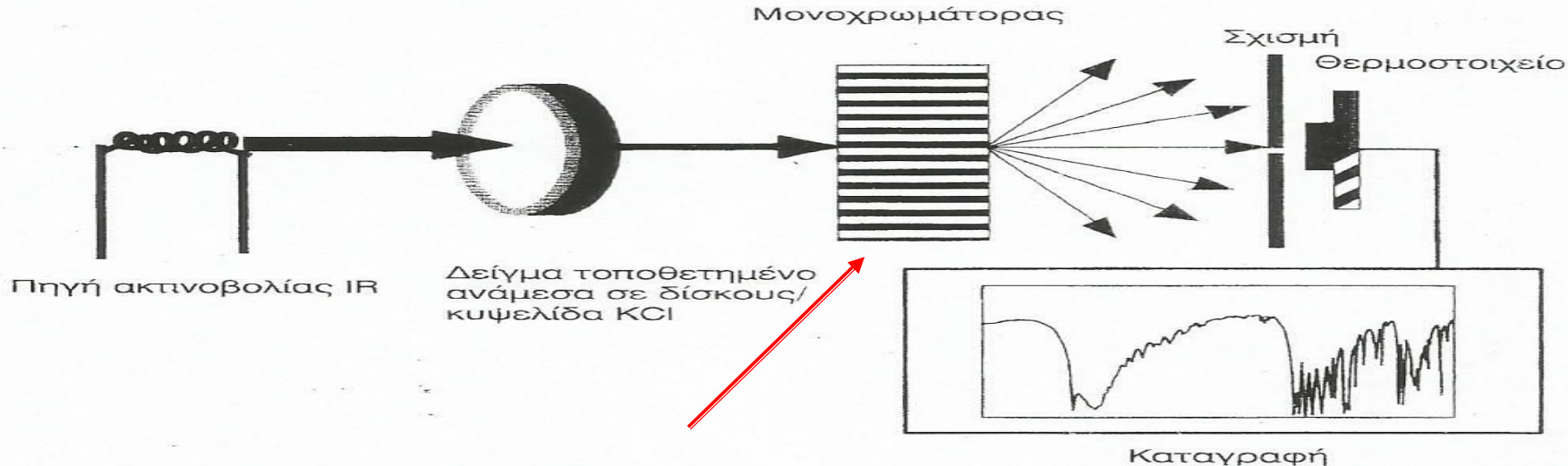
CCl₄, CHCl₃

Ενδομοριακοί δεσμοί

3570-2500cm⁻¹

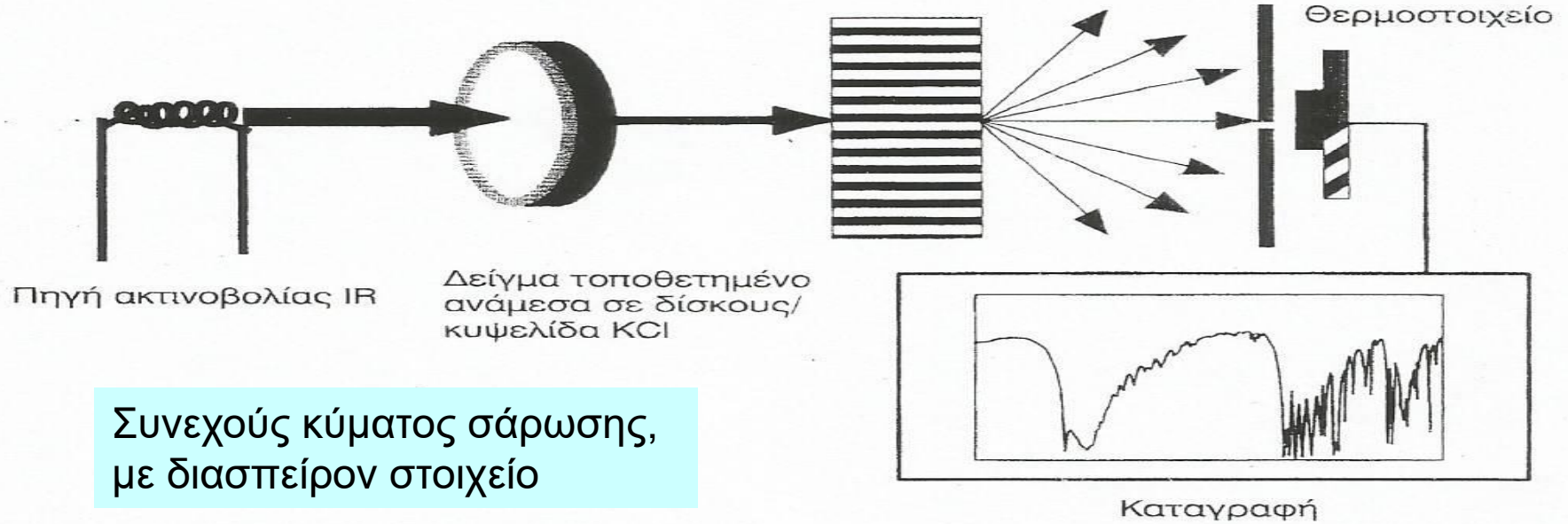


δεσμός υδρογόνου



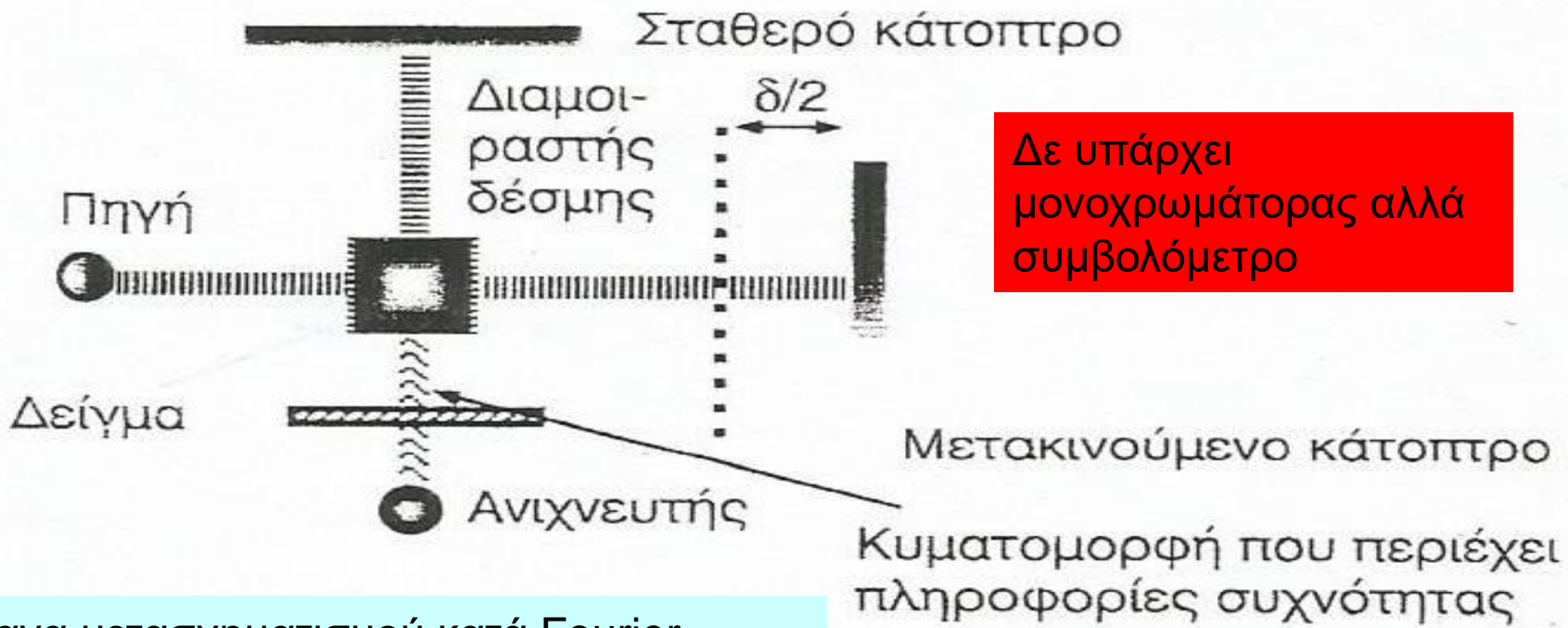
- Α. Λυχνία πυρακτώσεως Nerst (ZrO_2 ζιρκονίου+ Y_2O_3 υτρίου) ή πυρακτωτής Globar (SiC) ή λάμπα κεραμικού υλικού Nichrome (ή πηγή laser) για την παραγωγή υπέρυθρης ακτινοβολίας.
- Β. Σύστημα εισαγωγής του δείγματος. Χρησιμοποιούνται κυψελίδες από ανόργανα άλατα με ιονικούς δεσμούς (όχι ομοιοπολικούς), όπως KBr, NaCl, κλπ.
- Γ. Μονοχρωμάτορας: Πρίσμα ή φράγμα ανακλάσεως NaCl ή KBr.
- Δ. Ανιχνευτής: Ευπαθές θερμοζεύγος
- Ε. Σύστημα καταγραφής (Σύστημα επεξεργασίας FID)

Χρησιμοποιείται ακτινοβολία διπλής δέσμης



Συνεχούς κύματος σάρωσης, με διασπείρον στοιχείο

Δε υπάρχει μονοχρωμάτορας αλλά συμβολόμετρο



Όργανα μετασχηματισμού κατά Fourier

Τρόποι λήψεως φάσματος:

- Αν η ουσία είναι υγρή, γίνεται ανάλυση του δείγματος υπό μορφή υμενίου σε κυψελίδα με κρυστάλλους NaCl
- Αν η ουσία είναι αέριο: Χρήση κυψελίδων ποικίλου μήκους (cm-100m), πίεση (mmHg-Atm) , όχι μονοχρωμάτωρας
- Αν η ουσία είναι στερεή:
 - A) Λειοτριβήση σε γλίσχρασμα με τη βοήθεια παραφίνης (Nujol 1400-1500 cm^{-1})
 - B) Λειοτριβήση με KBr ή KCl. Η κ.β αναλογία του δείγματος είναι 1%.
200mg δείγματος συμπιέζονται σε δισκίο με πίεση 800 kPa
 - Γ) Αν η ουσία είναι διαλυτή σε διαλύτες όπως το CHCl_3 (10%) τότε μπορούμε να την τοποθετήσουμε σε μορφή διαλύματος σε κυψελίδα με κρυστάλλους NaCl.
 - Δ) Αν η ουσία δεν είναι διαλυτή σε μη πολικούς διαλύτες τότε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε πολικούς διαλύτες όπως η μεθανόλη. Σε αυτή όμως την περίπτωση **δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε κρυστάλλους NaCl, γιατί αυτοί είναι ευπαθείς**, αλλά CaF_2 (η παρουσία της μεθανόλης μας εμποδίζει να παρατηρήσουμε απορροφήσεις πάνω από τα 3000 cm^{-1}).

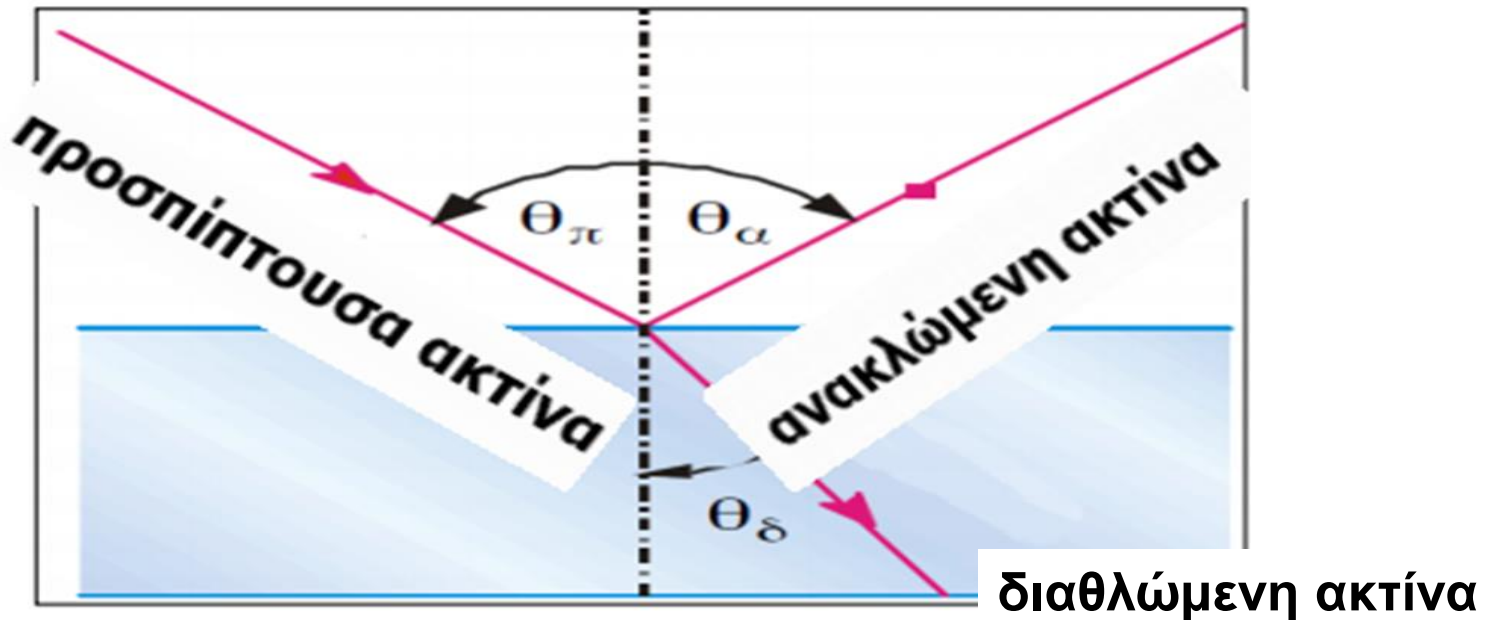


Είδη ανάκλασης και φασματομετρίας IR

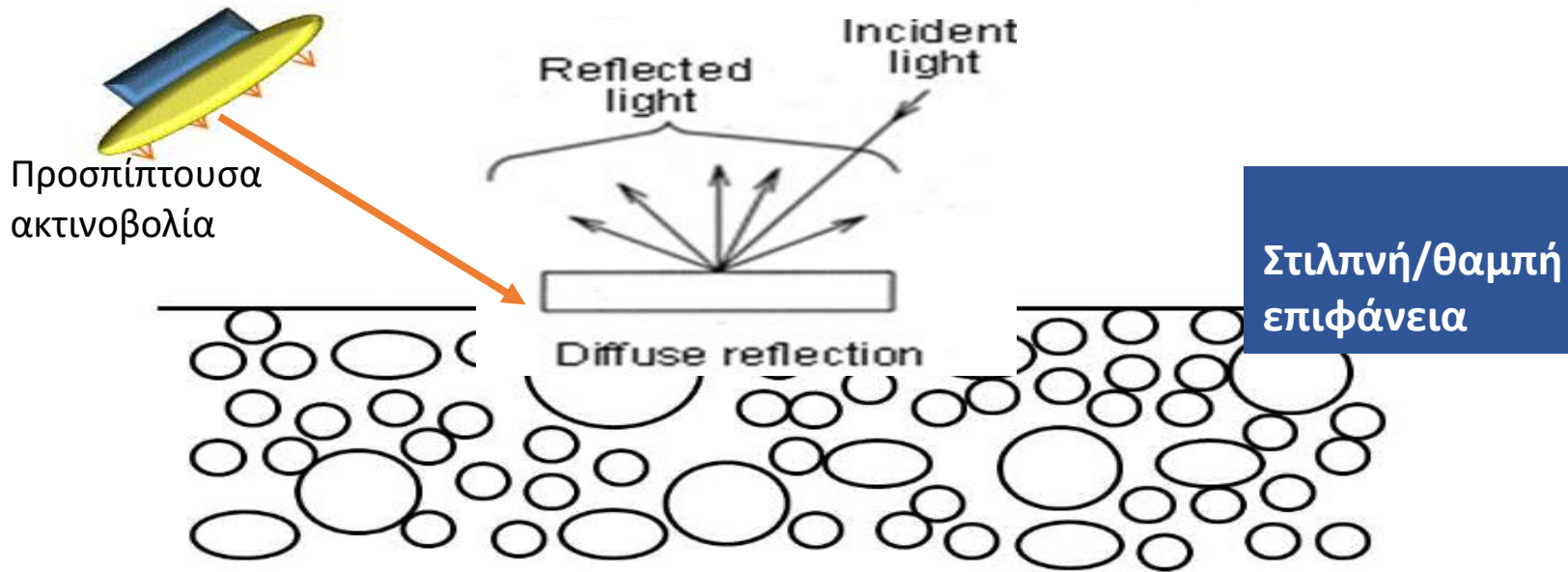
- ❖ Κατοπτρική ανάκλαση (*specular reflection*)
- ❖ Διάχυτη ανάκλαση (*diffuse reflection, DRIFT*)
- ❖ Εσωτερική ανάκλαση (*internal reflection*)
- ❖ Εξασθενημένη Ολική Ανάκλαση (*attenuated total reflection, ATR*)

διάδοση ακτινοβολίας

- Κατοπτρική ανάκλαση: Μία λεπτή δέσμη φωτός πέφτει στην επιφάνεια ενός κατόπτρου (καθρέφτη) και ανακλάται (γωνία πρόσπτωσης=γωνία ανάκλαση)
- Διάχυτη ανάκλαση: Μία λεπτή δέσμη φωτός πέφτει σε τραχιά επιφάνεια (αδιαφανές υλικό), τότε ανακλάται προς όλες τις κατευθύνσεις
- Διάθλαση: Όταν το φως περνά από ένα διαφανές υλικό σε ένα άλλο διαφανές υλικό (στο οποίο διαδίδεται με διαφορετική ταχύτητα)

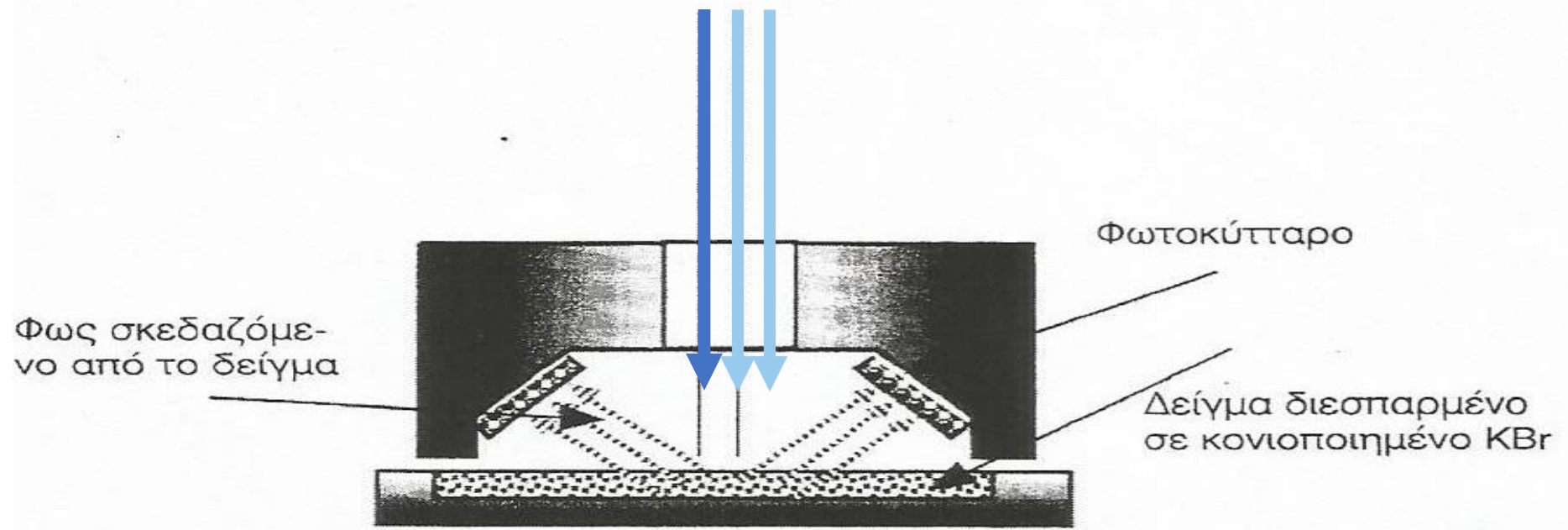


Διάχυτη ανάκλαση



Όταν δέσμη φως ανακλάται σε θαμπή επιφάνεια, το παρατηρούμενο φως είναι της ίδιας έντασης ανεξαρτήτως της γωνίας παρατήρησης

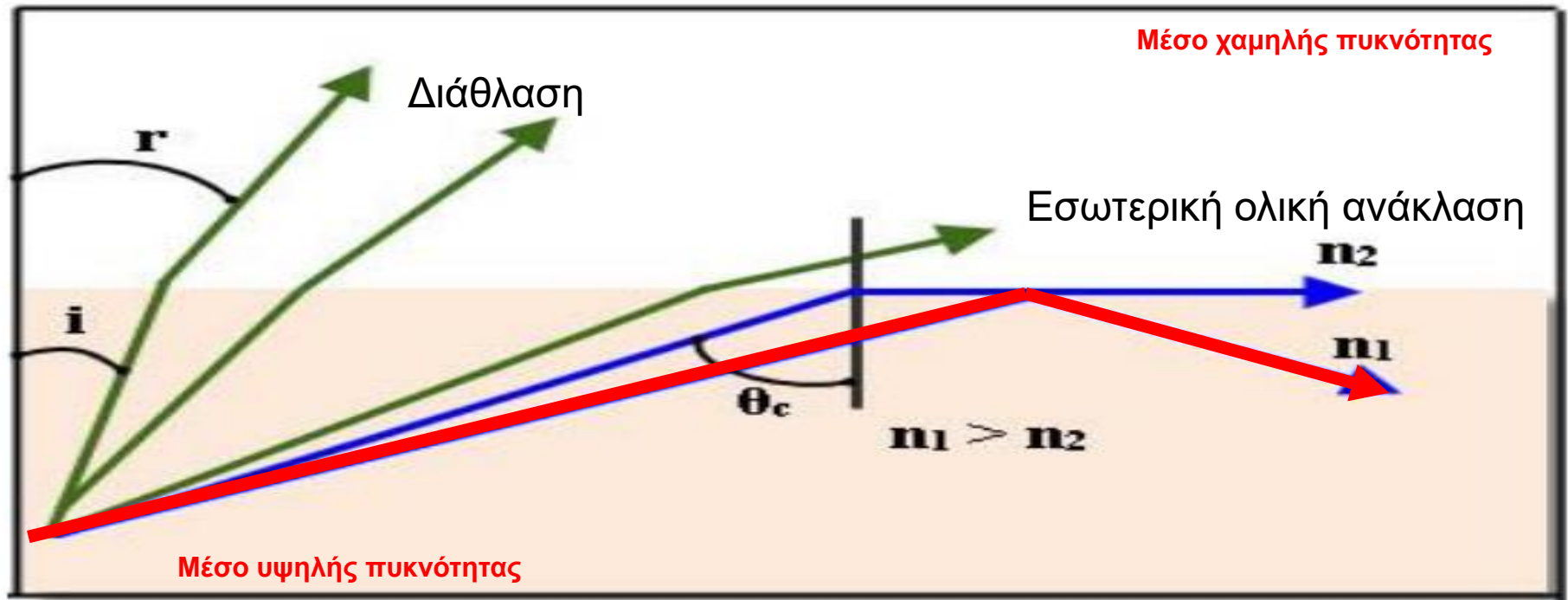
Μονοχρωματική ακτινοβολία



Εφαρμογές

- ✓ Εγγύς υπέρυθρο
- ✓ Εξέταση πολυμόρφων
- ✓ Ταυτοποίηση δραστικών

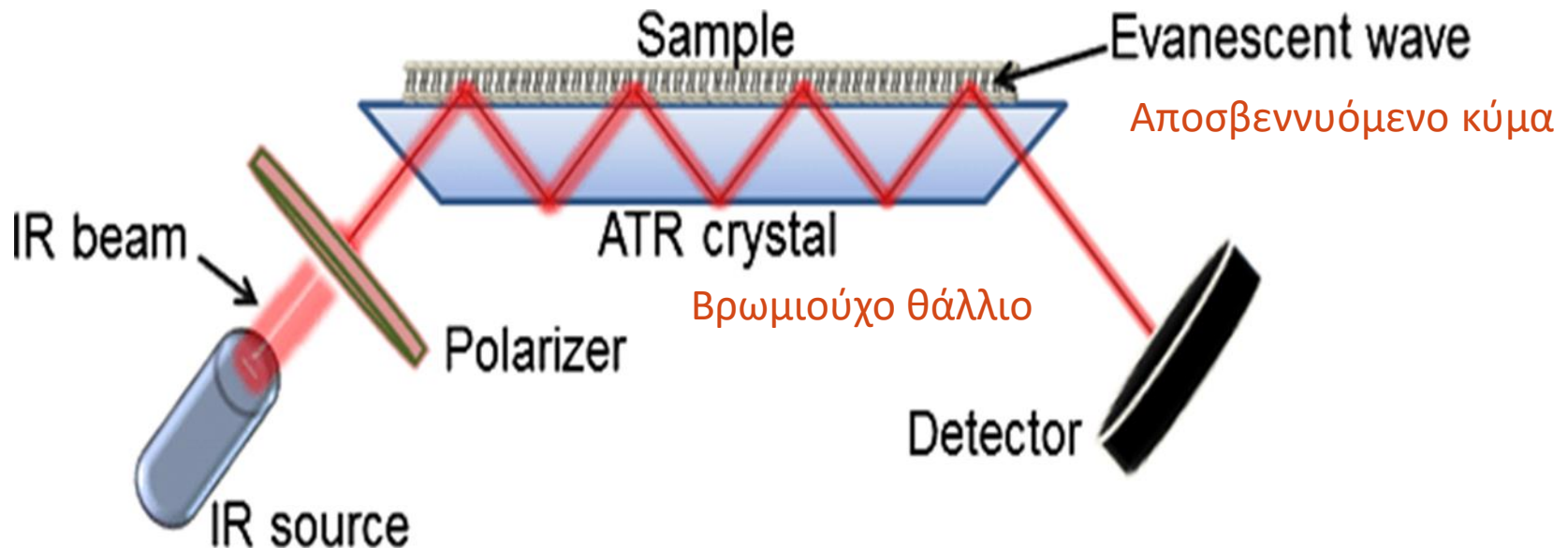
Εσωτερική/ολική ανάκλαση (total internal reflection)

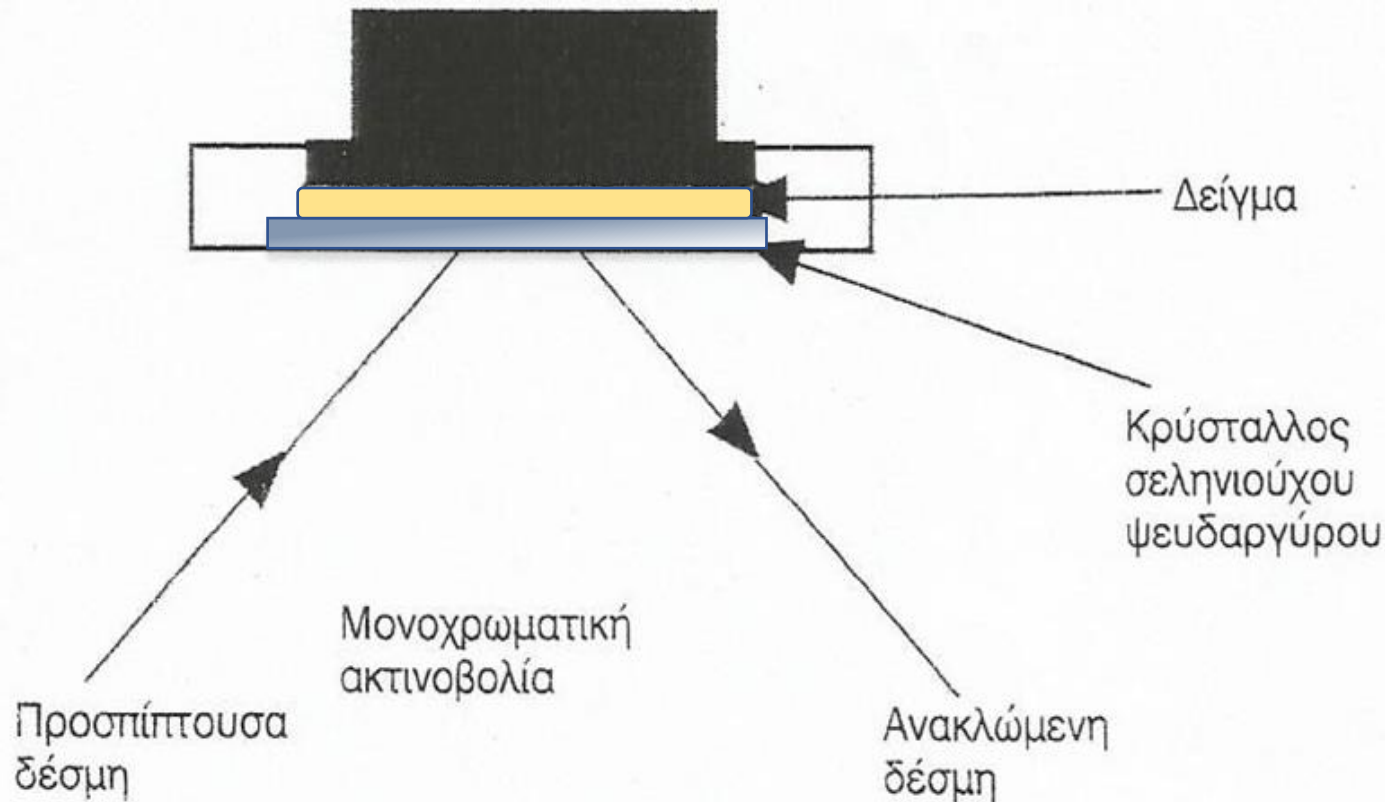


Όταν μία δέσμη ακτινοβολίας εισάγεται από ένα μέσο υψηλής πυκνότητας (υψηλότερο δείκτη διάθλασης, n_2) σε ένα χαμηλότερης πυκνότητας (με χαμηλότερο δείκτη διάθλασης, n_1), το κλάσμα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας που ανακλάται αυξάνεται όσο μεγαλώνει η γωνία πρόσπτωσης της ακτινοβολίας. Όταν η γωνία πρόσπτωσης (θ) είναι μεγαλύτερη από την κρίσιμη γωνία (θ_c) τότε όλες οι προσπίπτουσες ακτινοβολίες ανακλώνται πλήρως στη διεπιφάνεια των δύο μέσων με αποτέλεσμα να συμβαίνει ολική εσωτερική ανάκλαση

Εξασθενημένη ολική ανάκλαση

Αρχή της μεθόδου: Όταν δέσμη ακτινοβολίας διέρχεται από πυκνότερο σε ένα αραιότερο υλικό συμβαίνει **εσωτερική ανάκλαση** (με αύξηση της γωνίας πρόσπτωσης επιτυγχάνεται **ολική ανάκλαση**). Μέρος της ακτινοβολίας διεισδύει στο αραιότερο μέσο και απορροφάται με αποτέλεσμα να μειώνεται η έντασή της **εξασθενημένη ολική ανάκλαση (Attenuated total reflectance, ATR)**.





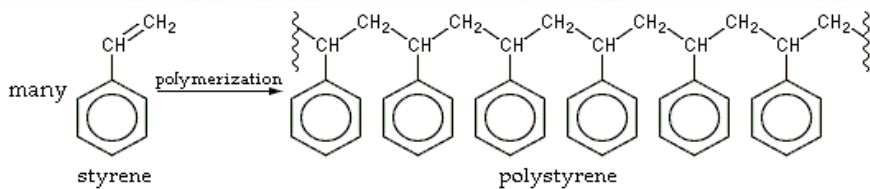
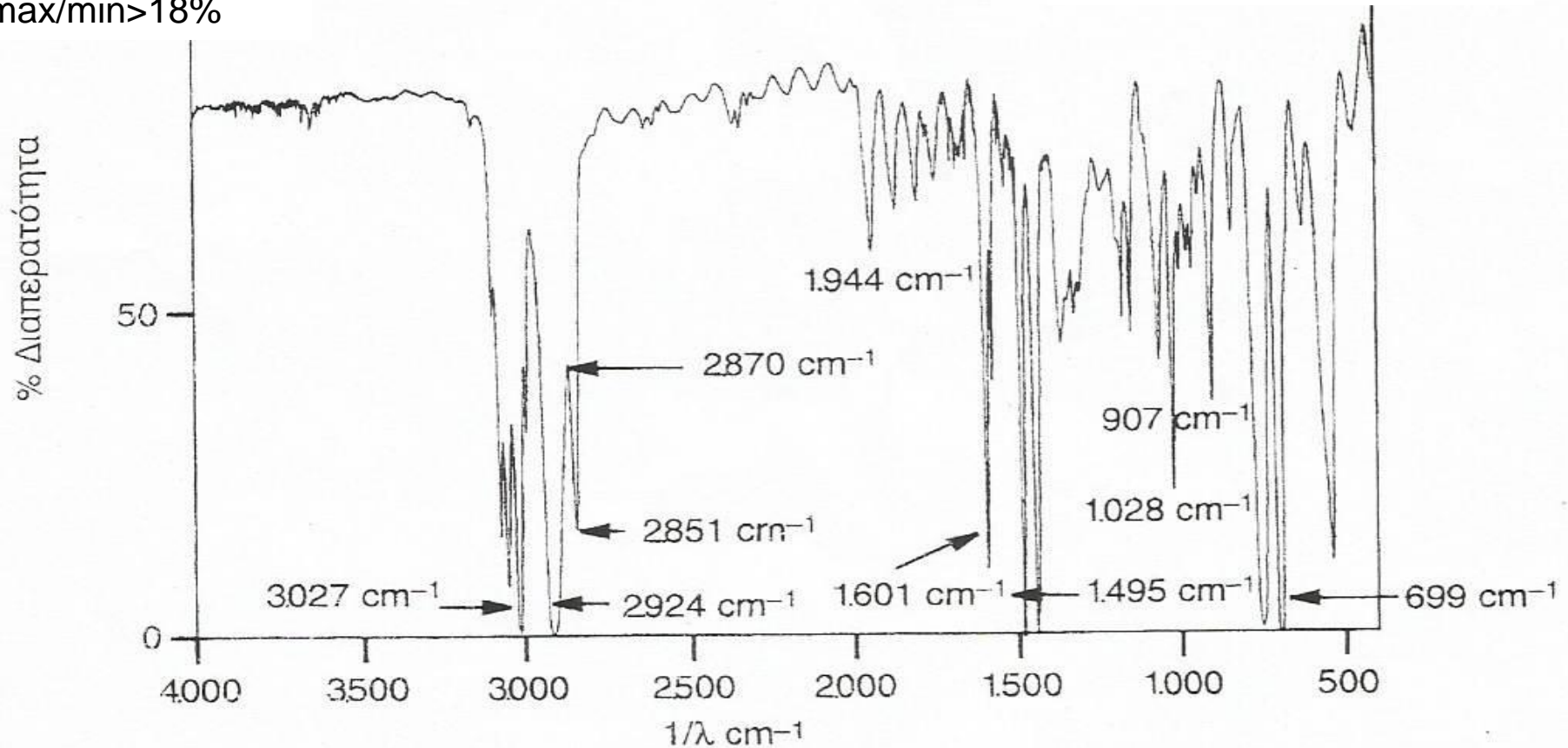
Μορφή δείγματος: Πηκτή ή κρέμα, ίνες, πάστες, κολλοειδή σκόνες
Blank: δείγμα μήτρας
Επεξεργασία: Αφαίρεση φασμάτων

Διακρίβωση οργάνων

Απόκλιση $\lambda \pm 0.3\text{nm}$

T max/min > 18%

Φιλμ πολυστυρενίου



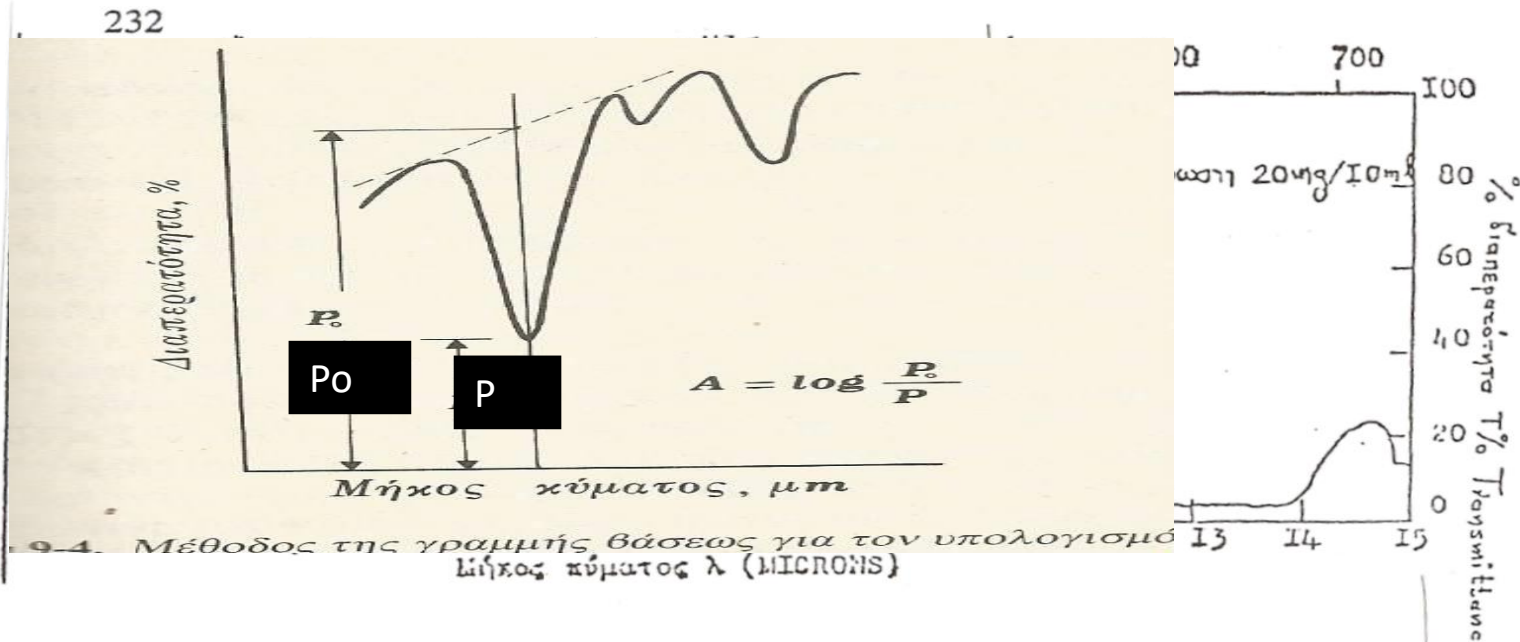
C=C 1500-1600, 1610-1680

C-H 2850-2970, 3010-3095, 3010-3100

Εφαρμογές: Ποσοτικοί προσδιορισμοί

- 1) Μεγάλες Αποκλίσεις από το νόμο του Beer λόγω μεγάλου εύρους σχισμής του μονοχρωμάτορα
- 2) Μικροί μοριακοί συντελεστές απορρόφησης
- 3) Αδυναμία απόλυτου προσδιορισμού της θέσης 100%T και 0%T
($A = \log P_0/P$ και $T = P/P_0$)

Δείγμα Νο1 $A = \log I_0/I = \log 84/72$



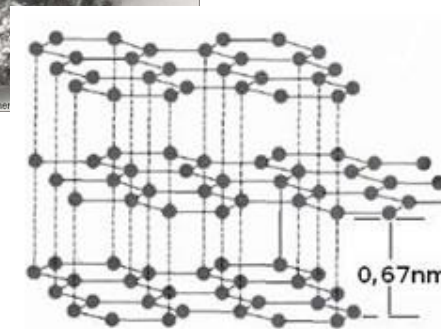
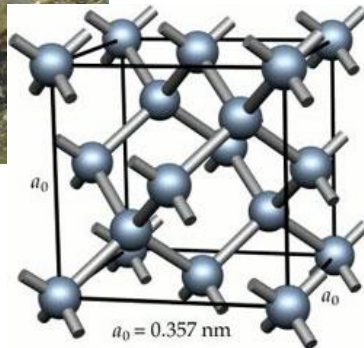
Εφαρμογές IR

- Διερεύνηση δομής (δακτυλικά αποτυπώματα)
- Ταυτοποίηση πολυμόρφων
- Ποσοτικοί προσδιορισμοί

Πολυμορφία

Ορισμός: Πολυμορφία ονομάζουμε το φαινόμενο κατά το οποίο μια χημική ένωση με συγκεκριμένη χημική σύσταση, εμφανίζεται (ως συνέπεια μεταβολών της πίεσης και της θερμοκρασίας) με περισσότερες της μίας μορφές (κρυσταλλικές τάξεις), οι οποίες χαρακτηρίζονται από διαφορετικούς δομικούς τύπους (δίμορφα ή πολύμορφα).

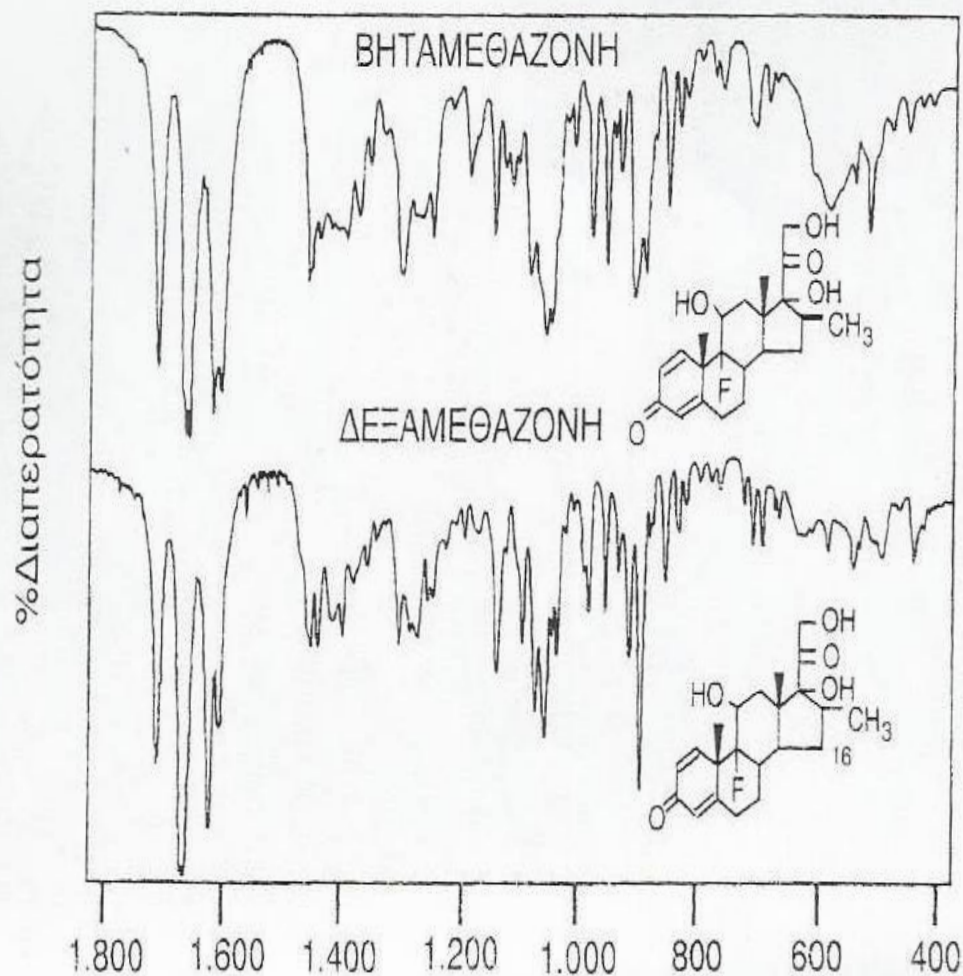
Π.χ ο Άνθρακας εμφανίζεται ως δίμορφο



Κυβική μορφή (διαμάντι)

Εξαγωνική (γραφίτης)

Εφαρμογές IR: Ταυτοποίηση πολυμόρφων (εναντιομερών)



Σχ. 5.15

Σύγκριση περιοχών δακτυλικών αποτυπωμάτων δεξαμεθαζόνης και βηταμεθαζόνης.

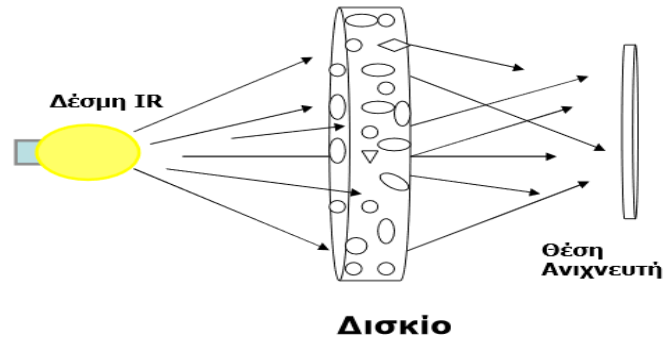
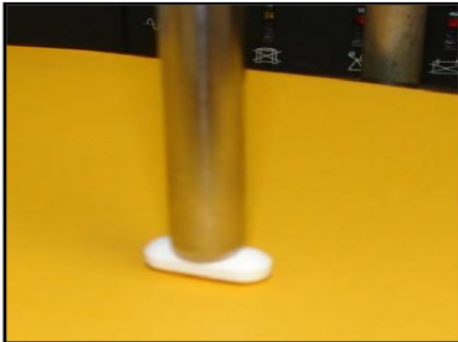
Ανάλυση Εγγύς Υπερύθρου (1000-2500nm)

Απορροφάται ασθενώς από τους δεσμούς Χ-Η, αναγκάζοντας τους σε δόνηση τάσεων (υπέρτονες ζώνες-ενεργειακά σε διπλάσιο, τριπλάσιο και τετραπλάσιο επίπεδο ενέργειας)

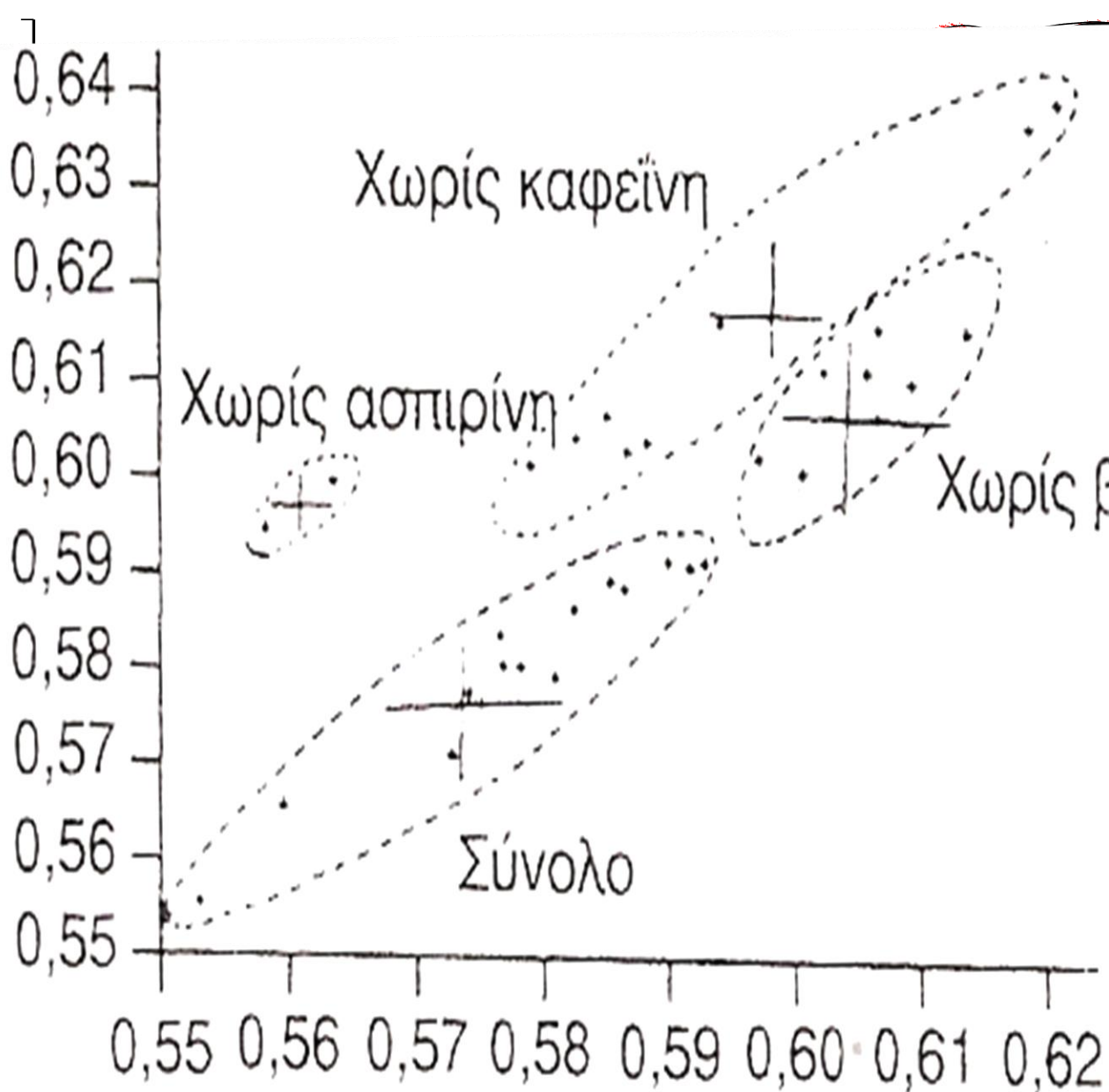


Οπτικές ίνες/Εφαρμογές

Visualize Radiation Interacting with Particles



Απορρόφηση στα 2.294 nm



Απορρόφηση στα 2.266 nm

Εγγύς Υπερύθρου (Θερμογράφημα)



Αν στις φωτογραφίες χρησιμοποιήσουμε ακτινοβολίας εγγύς υπέρυθρου τότε θα έχουμε μία εικόνα γνωστή σαν θερμογράφημα. Αυτό είναι θερμικός χάρτης που απεικονίζει διαφορές θερμοκρασίας στο αντικείμενο που φωτογραφίζουμε. Τα σκούρα κομμάτια του θερμογραφήματος δείχνουν ψυχρό δέρμα στη δεξιά πλευρά του κεφαλιού του ασθενή. Το θερμό δέρμα παρουσιάζεται συνήθως ανοικτότερο. Αυτή η αφύσικη ψυχρότητα δείχνει ελλιπή κυκλοφορία αίματος και δημιουργεί την υπόθεση ότι μια αρτηρία, που μεταφέρει αίμα στον εγκέφαλο, είναι σε κάποιο σημείο φραγμένη.