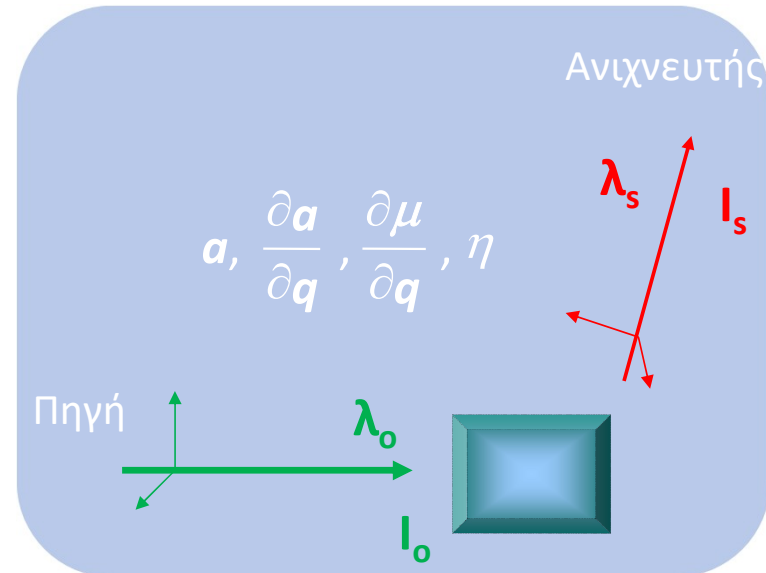


ΒΑΣΙΚΟ ΣΚΕΠΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΚΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ

Κατάλληλη πηγή εκπέμπει ηλεκτρομαγνητικό πεδίο, το οποίο οδηγείται στο χώρο μέτρησης ώστε να αλληλεπιδράσει με το σύστημα προς ανάλυση. Το προκύπτον από την αλληλεπίδραση Η/Μ πεδίο συλλέγεται, αναλύεται και ανιχνεύεται



Παράμετροι

Μήκος κύματος διεγείρουσας ακτινοβολίας (λ_o)

Πόλωση (διεγείρουσας ή/και συλλεγόμενης)

Ένταση διεγείρουσας Ακτινοβολίας (I_o)

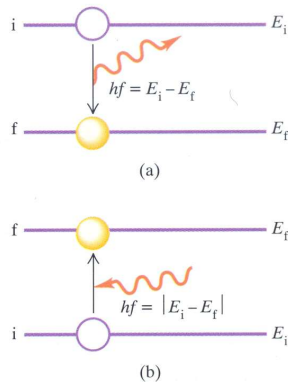
Γωνία (συλλογής)

$$\text{Φάσμα} \\ I_s = I_s(\lambda_s)$$

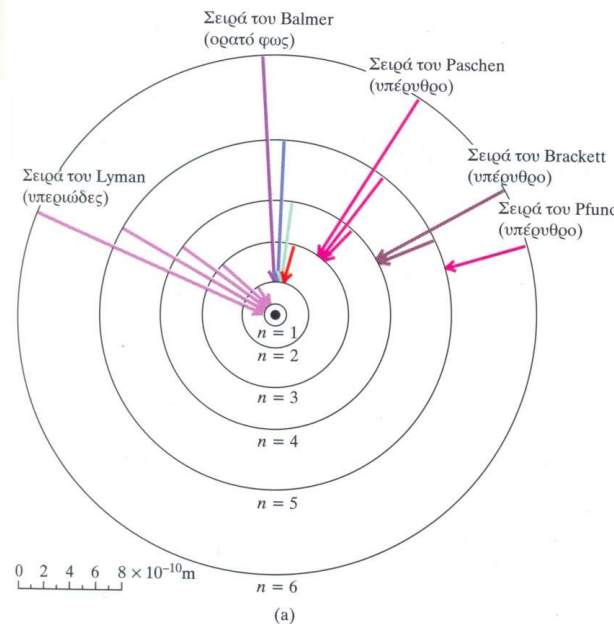
ΓΡΑΜΜΙΚΑ ΦΑΣΜΑΤΑ

- ✧ Ενεργειακές στάθμες ατόμων/μορίων
- ✧ Bohr → e κινείται σε ευσταθείς τοχιές σε κάθε μια από τις οποίες αντιστοιχεί μια συγκεκριμένη ενέργεια. Το άτομο ακτινοβολεί μόνο όταν μεταβαίνει από μια από τις ευσταθείς τροχιές σε κάποια άλλη

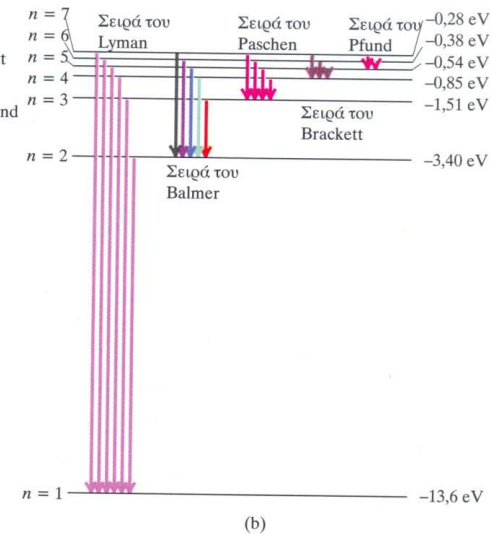
ΕΚΠΟΜΠΗ



ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ



$$E_n = -\frac{1}{\epsilon_0^2} \frac{me^4}{8n^2h^2}$$



ΦΑΣΜΑΤΑ ΑΕΡΙΩΝ (Υδρογόνο)

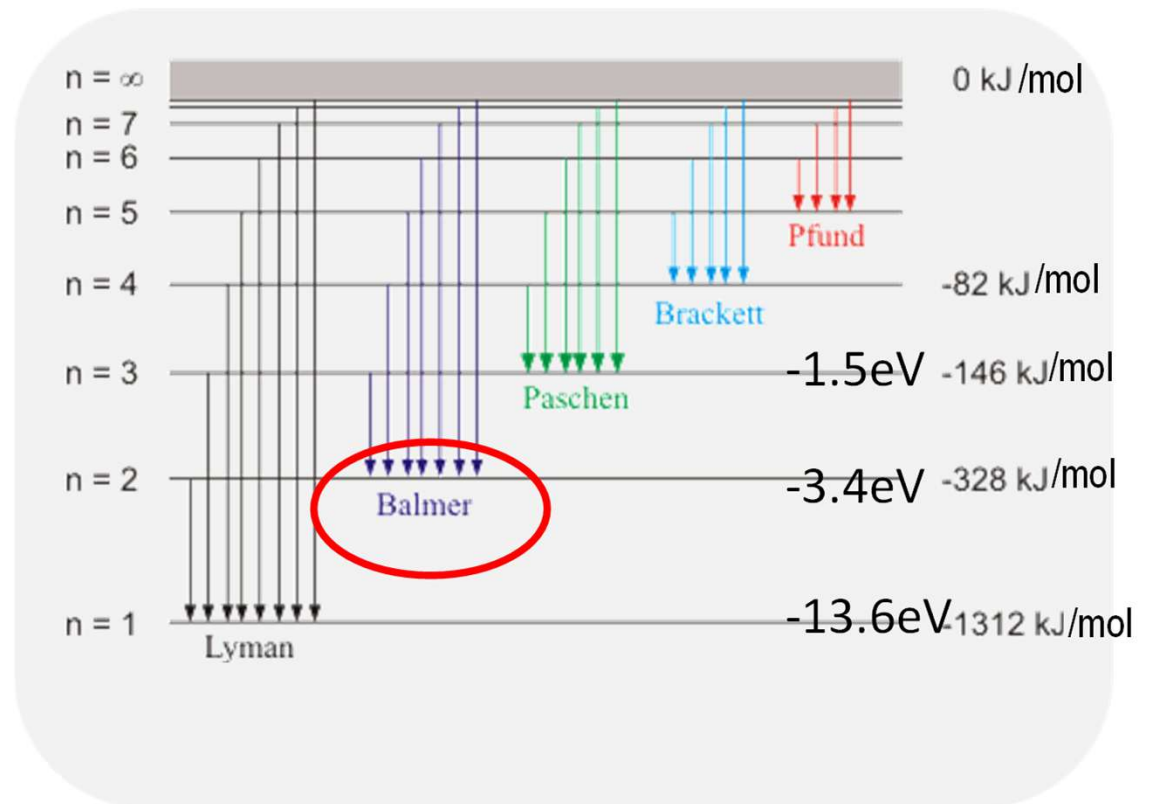
Ενεργειακό διάγραμμα

$$E_{nj} = \frac{-13.6 \text{ eV}}{n^2} \left(1 + \frac{\alpha^2}{n^2} \left(\frac{n}{j + \frac{1}{2}} - \frac{3}{4} \right) \right)$$

Η σειρά Balmer διαθέτει μεταβάσεις που οι ενέργειές τους να είναι στην περιοχή των ενεργειών των φωτονίων στο ορατό.

Οι σειρές Lyman και Paschen;

Ενέργεια ιονισμού / διεγέρσεως



ΓΡΑΜΜΙΚΑ ΦΑΣΜΑΤΑ

☀ Σειρά Balmer του ατόμου του H



ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΦΩΤΟΣ-ΥΛΗΣ

ΚΒΑΝΤΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ – Πολυηλεκτρονικά άτομα

$$1\text{eV} = 1.60 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$E = h\nu$$

Πράσινο φως

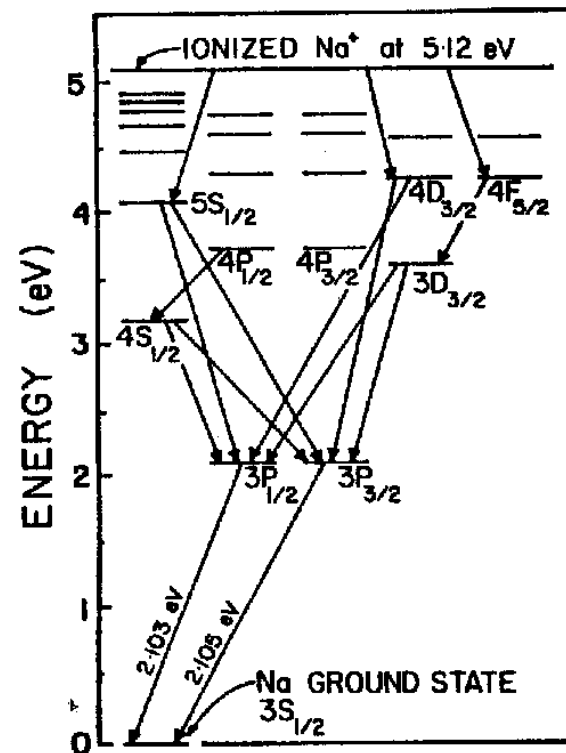
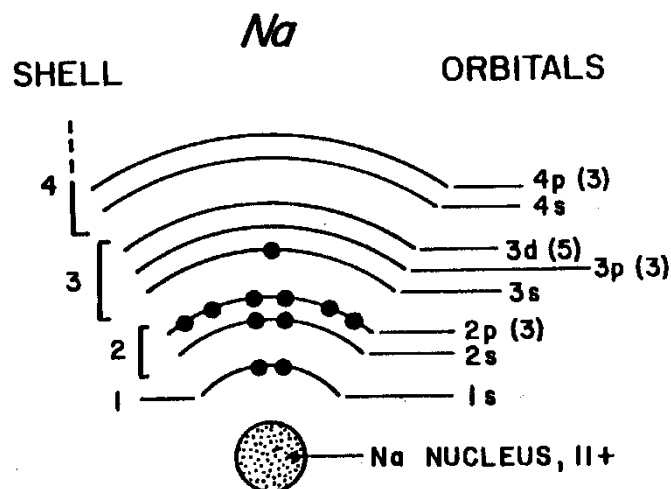
$$500 \text{ nm} = 2,5 \text{ eV} = 1 \text{ κβάντουμ}$$

Μακροσκοπικά, εκκρεμές 1 gr με $T = 1\text{s}$
υψούμενο κατά 1cm έχει $E = 10^{-4}\text{J}$

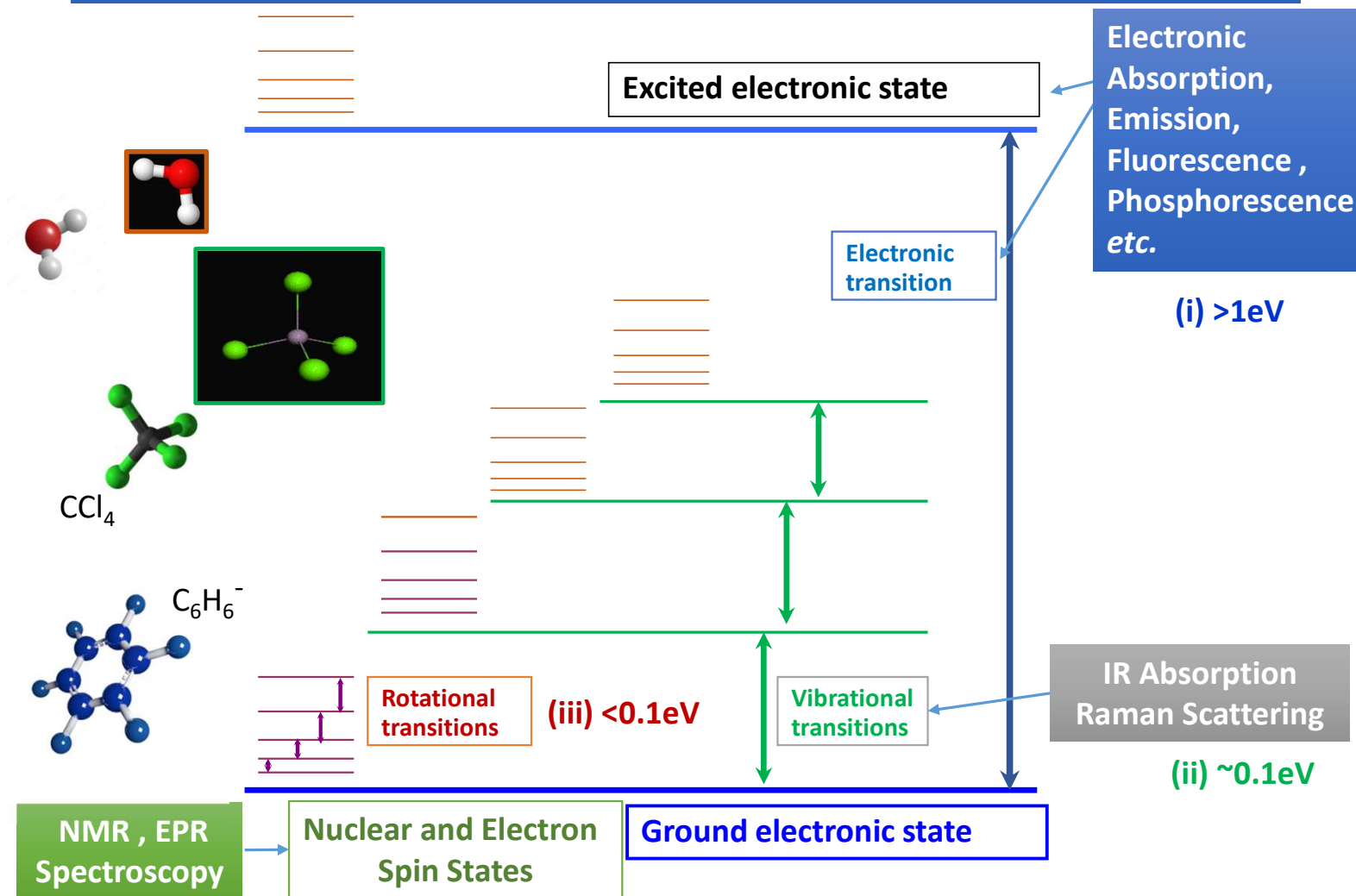
ισοδυναμεί με ~376.000.000.000.000 κβάντα

Ενεργειακό διάγραμμα

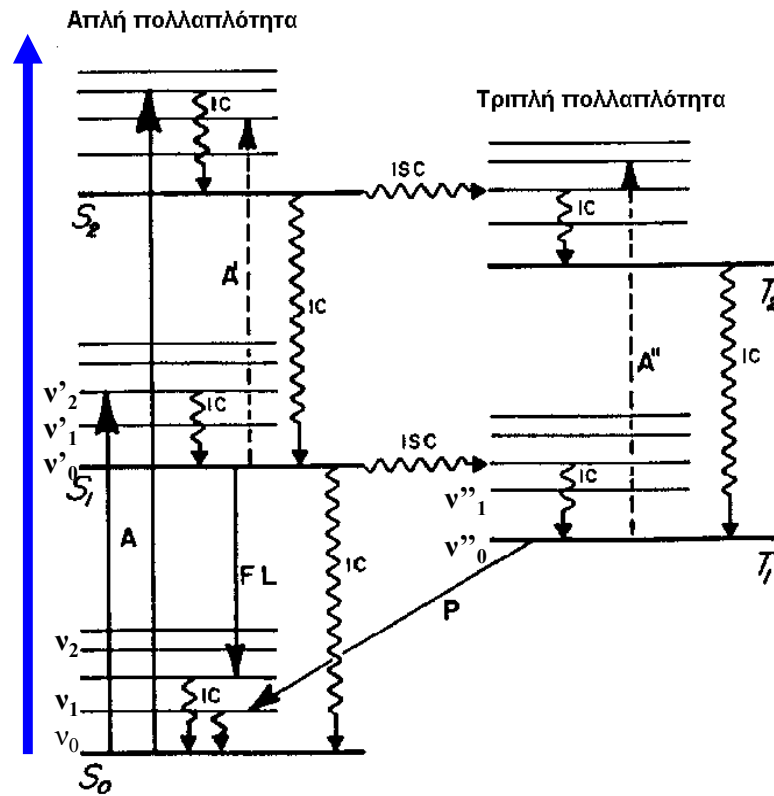
Διάγραμμα τροχιών



ΥΛΗ: ΜΟΡΙΑΚΕΣ (ΑΠΟ)ΔΙΕΓΕΡΣΕΙΣ / καταστάσεις spin



ΤΥΠΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΟΡΙΟΥ



Ενδεχόμενες καταστάσεις
του συστήματος που
οφείλονται σε
Μεταβάσεις:

- (i) Ηλεκτρονικές ($>1\text{eV}$)
- (ii) Δονητικές ($\sim 0.1\text{eV}$)
- (iii) Περιστροφικές ($<0.1\text{eV}$)

A, A', A'' → Απορρόφηση

FL → Φθορισμός

P → Φωσφορισμός

IC → Εσωτερική μετατροπή

ISC → Σταθμική διασταύρωση

Ανασκόπηση μοριακών ενεργειακών καταστάσεων

$$\text{ΟΛΙΚΗ ενέργεια ενός μορίου: } E_{\text{total}} = \sum E_{\text{translation}} + E_{\text{electronic}} + E_{\text{vibration}} + E_{\text{rotation}}$$

$E_{\text{translation}}$ = Μεταφορική (κινητική) ενέργεια, κίνηση σε 3D

$E_{\text{electronic}}$ = Ηλεκτρονιακή ενέργεια, ηλεκτρονιακές διεγέρσεις: βασική κατάσταση $\rightarrow$ διεγερμένη κατάσταση

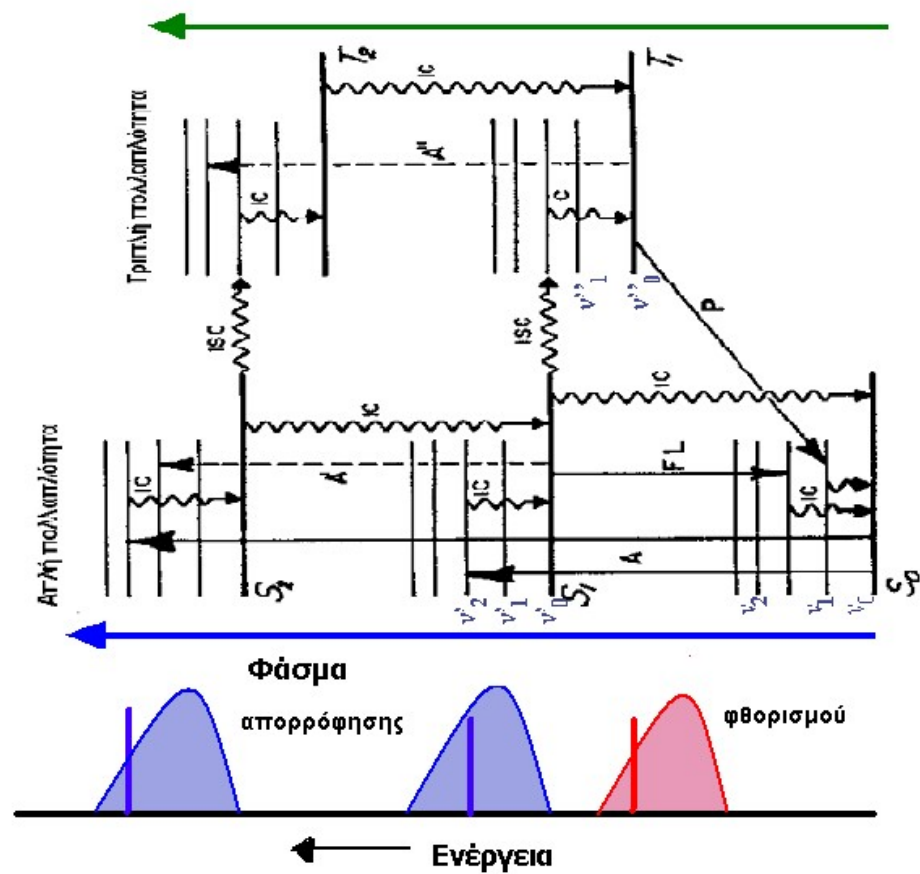
$E_{\text{vibration}}$ = Ενέργεια δόνησης, π.χ. κάμψεις και τάσεις ομοιοπολικών δεσμών

E_{rotation} = Ενέργεια περιστροφής

Χρησιμοποιούμε συγκεκριμένα φασματικά “παράθυρα” ώστε τα μόρια του υπό μελέτη υλικού να μεταβαίνουν σε συγκεκριμένες ενεργειακές καταστάσεις.

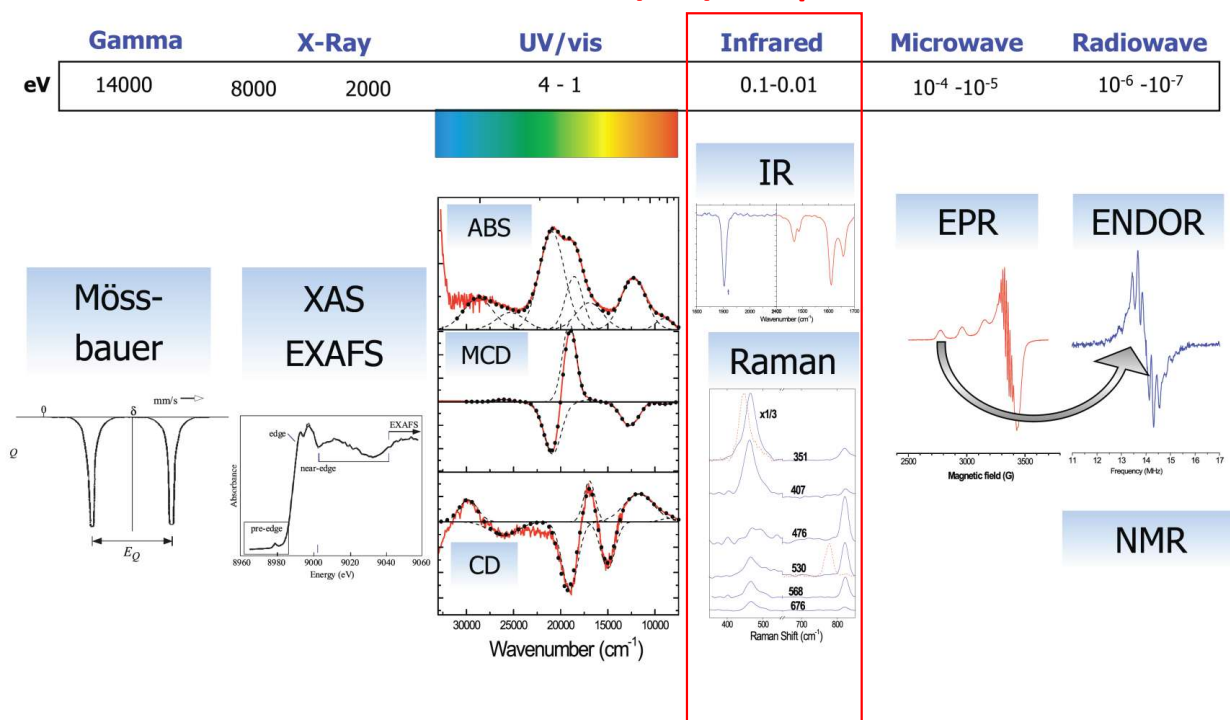
Αποκαλύπτονται κατ’ αυτόν τον τρόπο συγκεκριμένες κατά περίπτωση λεπτομέρειες της δομής του υλικού.

ΣΧΕΣΗ ΦΑΣΜΑΤΟΣ – ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ



Φασματοσκοπικές Τεχνικές

Δονητική Φασματοσκοπία



ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΦΩΤΟΝΙΩΝ – ΜΟΡΙΑΚΕΣ ΜΕΤΑΒΑΣΕΙΣ

Τύπος Ακτινοβολίας	Περιοχή συχνοτήτων (Hz)	Περιοχή μηκών κύματος	Τύπος μετάπτωσης
Ακτίνες γ	10^{20} - 10^{24}	<1 pm	Πυρηνικές
Ακτίνες X	10^{17} - 10^{20}	1 nm-1 pm	Έσω-ηλεκτρονιακές
Υπεριώδης (UV)	10^{15} - 10^{17}	400 nm-1 nm	Έξω-ηλεκτρονιακές
Ορατή	4 - 7.5×10^{14}	750 nm-400 nm	Έξω-ηλεκτρονιακές
Κοντινή υπέρυθρη (near-ir)	1×10^{14} - 4×10^{14}	2.5 μm-750 nm	Έξω-ηλεκτρονιακές, Δονητικές μορίων
Υπέρυθρη (IR)	10^{13} - 10^{14}	25 μm-2.5 μm	Δονητικές μορίων
Μικροκύματα	3×10^{11} - 10^{13}	1 mm-25 μm	Περιστροφικές/Δονητικές μορίων, Ηλεκτρονικού spin
Ραδιοκύματα	< 3×10^{11}	>1 mm	Πυρηνικού spin

Παραδείγματα δονητικών φασματοσκοπικών τεχνικών

[Raman spectroscopy*](#)

[Infrared spectroscopy \(FTIR\) *](#)

[Brillouin Spectroscopy](#)

[Surface Enhanced Raman Spectroscopy](#)

[Resonance Raman](#)

[UV-Vis-NIR](#)

[Inelastic X-Ray scattering](#)

[Neutron Scattering](#)

Ταυτοποίηση υλικών, ουσιών / μη καταστρεπτικά

Πληροφορία δομής της ύλης σε μοριακό επίπεδο

Τα δείγματα προς μελέτη μπορεί να βρίσκονται στη στερεή, υγρή ή αέρια φάση

In situ μετρήσεις σε υψηλές πιέσεις και υψηλές/χαμηλές θερμοκρασίες

In situ μετρήσεις σε μη φιλικά/ελεγχόμενα περιβάλλοντα

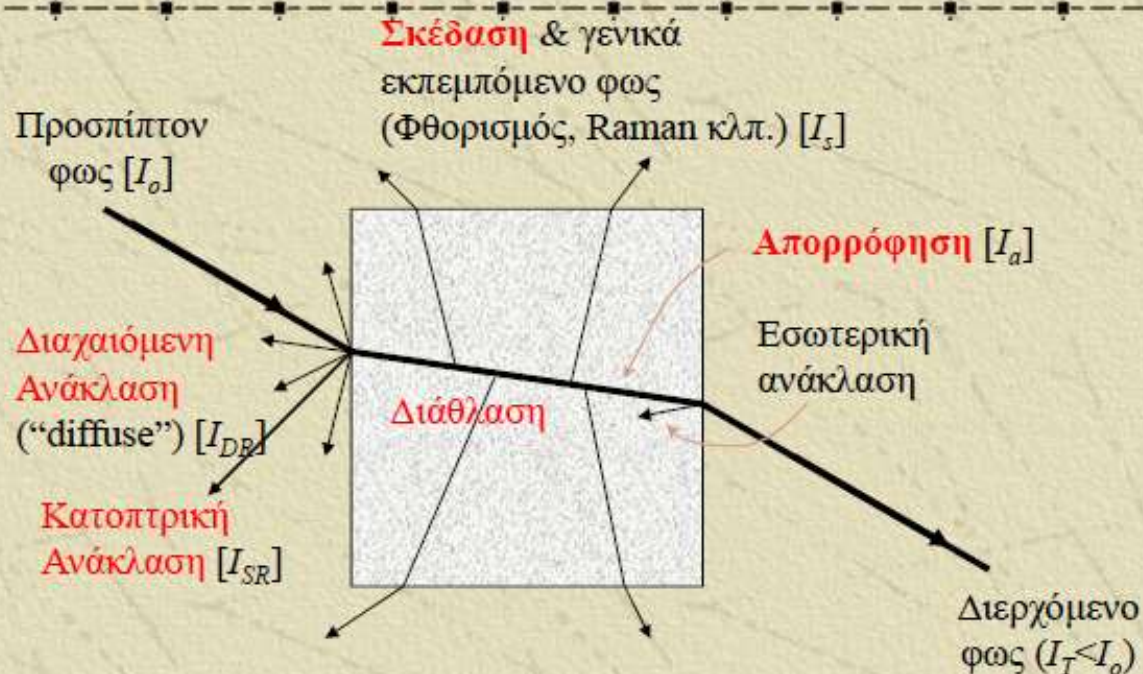
Η χωροδιακριτική ικανότητα περιορίζεται μόνο από το όριο περίθλασης του φωτός ($\sim \lambda/2$)

Μπορούν να κατασκευασθούν ευέλικτες οργανολογίες για να επιτελούν

συγκεκριμένου είδους μετρήσεων (όπου μπορεί να «φθάσει» φως εν δυνάμει συλλέγεται πληροφορία)

Συνδυάζονται με άλλες τεχνικές (φασματοσκοπικές και μη)

ΒΑΣΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΦΩΤΟΣ – ΥΛΗΣ



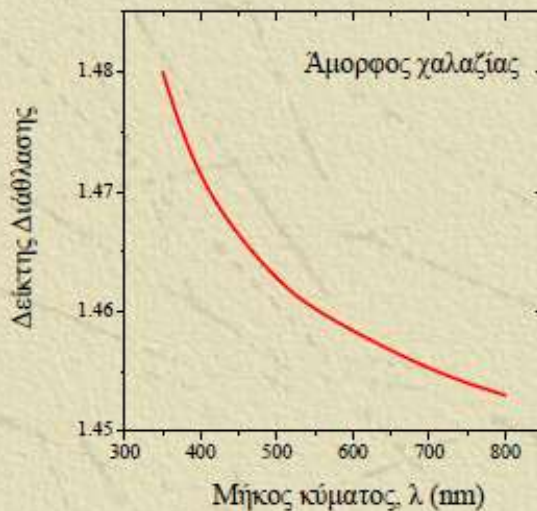
$$I_o = I_s + I_{DR} + I_{SR} + I_a + I_T$$

ΑΝΑΚΛΑΣΗ και ΔΙΑΘΛΑΣΗ

Δείκτης Διάθλασης ενός υλικού: Το πηλίκο της ταχύτητας του φωτός στο κενό προς την ταχύτητα του φωτός στο υλικό

$$n = c / u$$

Ισχύει: $n > 1$



Ο δείκτης διάθλασης αποτελεί ένα **χαρακτηριστικό μέγεθος** για ένα υλικό και **εξαρτάται από το μήκος κύματος της ακτινοβολίας**

Γενικά ο δείκτης διάθλασης **μειώνεται** μονότονα αυξανόμενου του μήκους κύματος

ΑΝΑΚΛΑΣΗ και ΔΙΑΘΛΑΣΗ

Δείκτης Διάθλασης ενός υλικού: Το πηλίκο της ταχύτητας του φωτός στο κενό προς την ταχύτητα του φωτός στο υλικό

$$n = c / u$$

Οπτική πυκνότητα

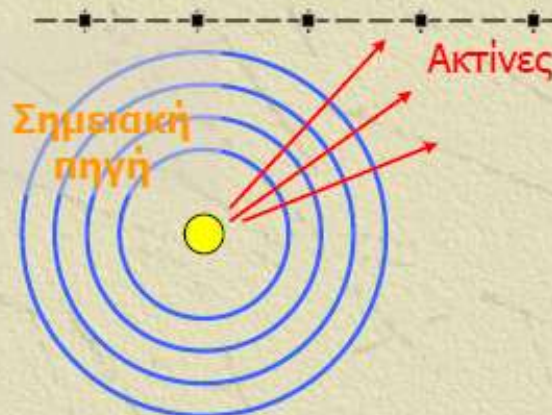
Δε συμβαδίζει πάντα με την πυκνότητα

Δείκτες Διάθλασης για
την Κίτρινη Γραμμή του
Νατρίου $\lambda_0 = 589 \text{ nm}$

ΠΙΝΑΚΑΣ 33.1

Υλικό	Δείκτης Διάθλα- σης, n
Στερεά	
Πάγος (H_2O)	1,309
Φθορίτης (CaF_2)	1,434
Πολυστυρόλιο	1,49
Ορυκτό αλάτι (NaCl)	1,544
Χαλαζίας (SiO_2)	1,544
Ορυκτό Ζιρκόνιο ($\text{ZrO}_2 \cdot \text{SiO}_2$)	1,923
Διαμάντι (C)	2,417
Φαβουλίτης (SrTiO_3)	2,409
Ρουτίλιο (TiO_2)	2,62
Υαλοι (τυπικές τιμές)	
Στεφανύαλος	1,52
Ελαφρά Πυριτύαλος	1,58
Μέση Πυριτύαλος	1,62
Πυκνή Πυριτύαλος	1,66
Πυριτύαλος Λανθανίου	1,80
Υγρά στους 20°C	
Μεθανόλη (CH_3OH)	1,329
Νερό (H_2O)	1,333
Αιθανόλη ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)	1,36
Τετραχλωράνθρακας (CCl_4)	1,460
Τερεβινθίνη	1,472
Γλυκερίνη	1,473
Βενζόλιο	1,501
Διθειάνθρακας (CS_2)	1,628

ΜΕΤΩΠΟ ΚΥΜΑΤΟΣ – ΑΚΤΙΝΕΣ ΦΩΤΟΣ



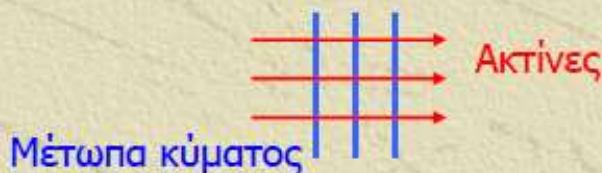
Μέτωπα κύματος

Μέτωπο κύματος:

γεωμετρικός τόπος των σημείων στα οποία η φάση της ταλάντωσης μιας φυσικής ποσότητας, συνδεδεμένης με το κύμα είναι σταθερή

π.χ. Πέτρα πέφτει στην ήρεμη επιφάνεια νερού σε μιας δεξαμενής → Οι "κορυφές" του κύματος (ομόκεντροι κύκλοι) είναι μέτωπα κύματος

Πολλές φορές είναι απλούστερο να αναπαριστούμε ένα φωτεινό κύμα με τη βοήθεια **ακτίνων** δηλ. υποθετική γραμμή κατά μήκος της κατεύθυνσης όδευσης του κύματος (κάθετες στο μέτωπο κύματος)

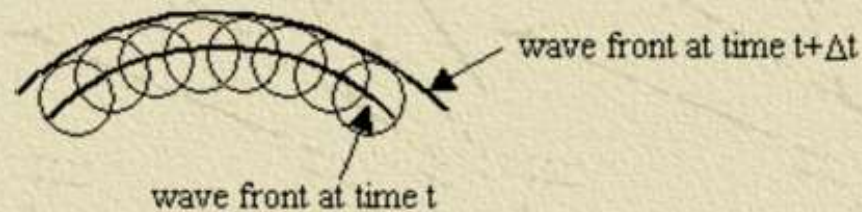


Σε πολύ μεγάλη απόσταση από την πηγή, τμήμα της σφαιρικής επιφάνειας μπορεί να θεωρηθεί επίπεδο (επίπεδο κύμα με παράλληλες ακτίνες)

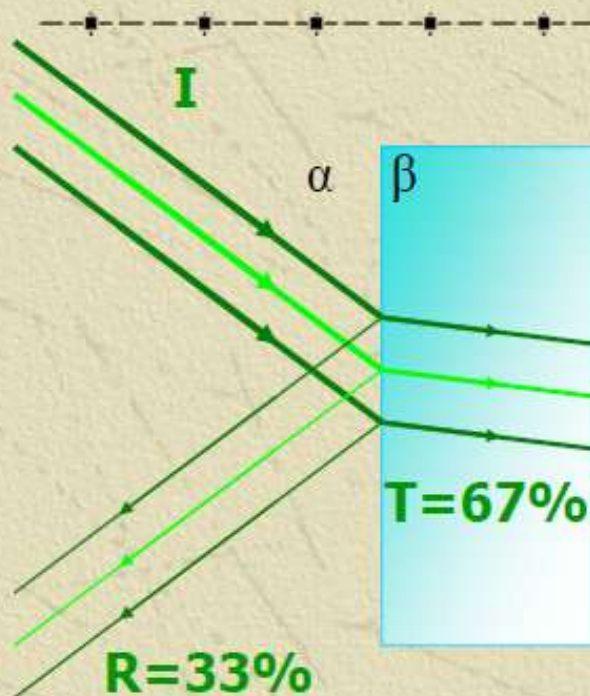
ΑΡΧΗ HUYGENS

Μέτωπο κύματος:

Κατά τη διάδοση ενός κύματος κάθε σημείο μιας ισοφασικής επιφάνειας (μετώπου κύματος), μπορεί να θεωρηθεί ως σημειακή πηγή που εκπέμπει δευτερογενή κύματα, τα οποία συμβάλλουν μεταξύ τους και αλληλοαναιρούνται σε όλα τα σημεία εκτός από τα σημεία της περιβάλλουσας επιφάνειας .



ΑΝΑΚΛΑΣΗ και ΔΙΑΘΛΑΣΗ



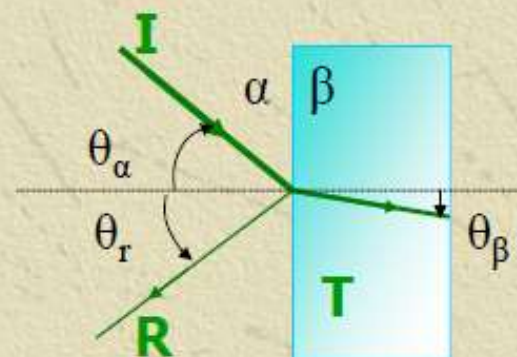
Στην περίπτωση του "κλασσικού
γυαλιού" $R \approx 10\%$

Επίπεδο κύμα – δέσμες ακτίνων – *για
απλότητα μια ακτίνα για κάθε δέσμη*

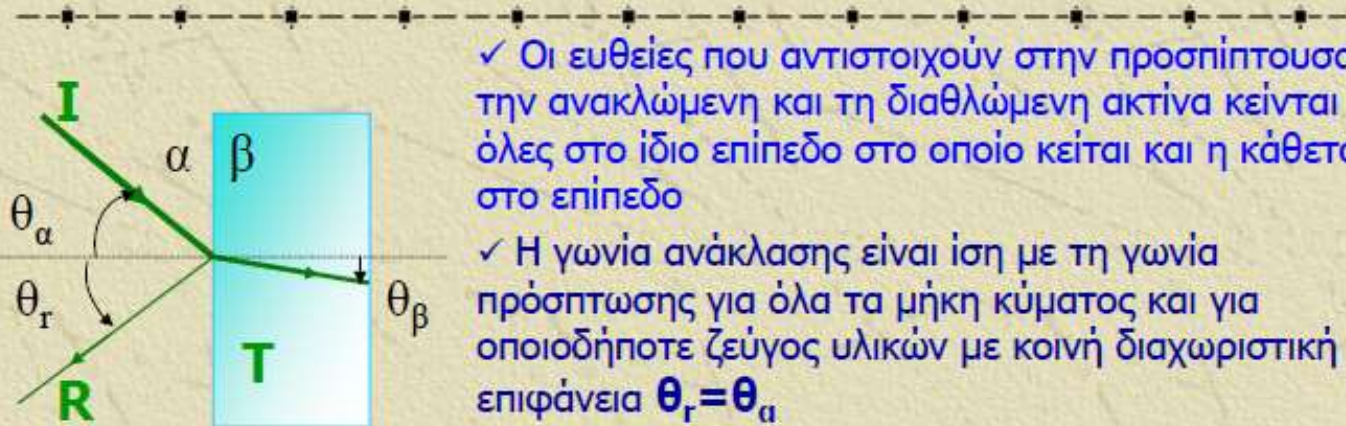
I → Incident προσπίπτουσα δέσμη

R → Reflected ανακλώμενη δέσμη

T → Transmitted διερχόμενη δέσμη στην
περίπτωσή μας **refracted** διαθλώμενη



ΑΝΑΚΛΑΣΗ και ΔΙΑΘΛΑΣΗ



Ακτίνα που διαδίδεται από ένα μέσο σε δεύτερο μεγαλύτερου δείκτη διάθλασης σχηματίζει (στο 2^ο μέσο) με την κατακόρυφο μικρότερη γωνία.

✓ Οι ευθείες που αντιστοιχούν στην προσπίπτουσα, την ανακλώμενη και τη διαθλώμενη ακτίνα κείνται όλες στο ίδιο επίπεδο στο οποίο κείται και η κάθετος στο επίπεδο

✓ Η γωνία ανάκλασης είναι ίση με τη γωνία πρόσπτωσης για όλα τα μήκη κύματος και για οποιοδήποτε ζεύγος υλικών με κοινή διαχωριστική επιφάνεια $\theta_r = \theta_\alpha$

✓ Για μονοχρωματικό φως και για συγκεκριμένο ζεύγος υλικών α και β εκατέρωθεν της κοινής διαχωριστικής επιφάνειας ο λόγος των ημιτόνων των γωνιών θ_α και θ_β (οι γωνίες μετρώνται ως προς την κάθετο στην επιφάνεια) ισούται με το αντίστροφο του λόγου των δύο δεικτών διάθλασης

$$\sin\theta_\alpha / \sin\theta_\beta = n_\beta / n_\alpha$$

ΑΝΑΚΛΑΣΗ και ΔΙΑΘΛΑΣΗ

13 degrees

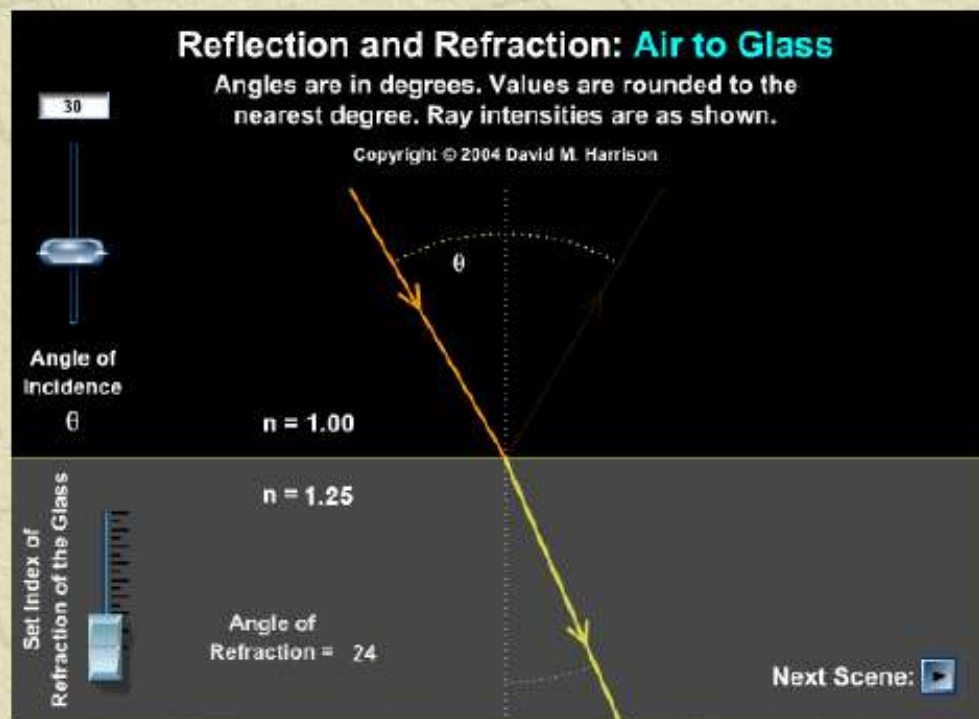
Rotating a Mirror By an Angle θ
Rotates the Reflected Ray By 2θ

Drag the slider to rotate the mirror by an angle θ

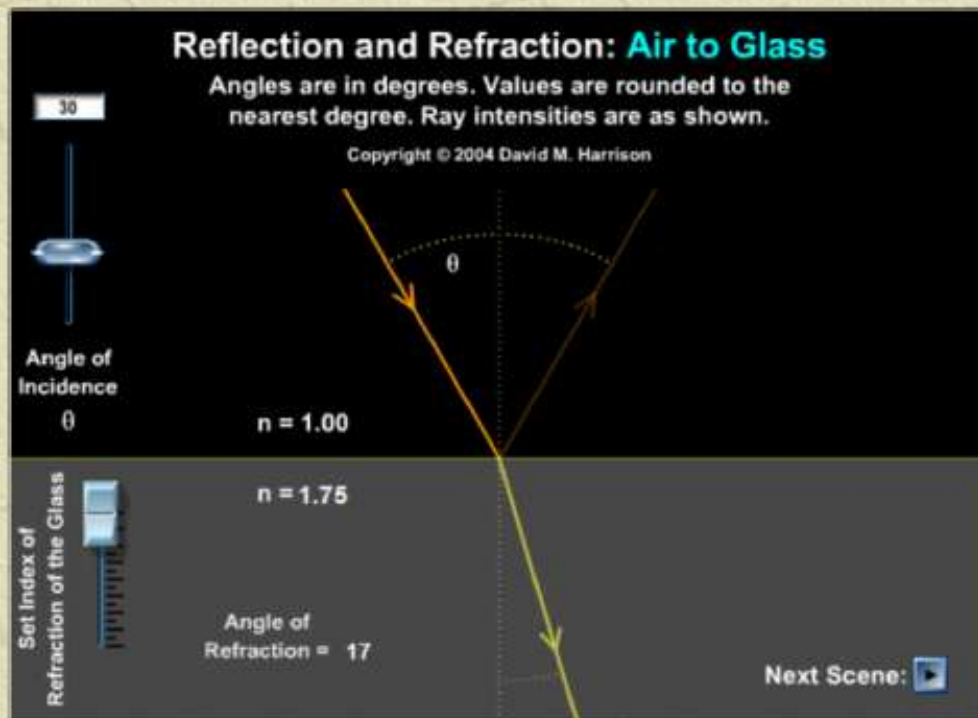
Click the button to see a more complex case: 

Copyright © 2004
David M. Harrison

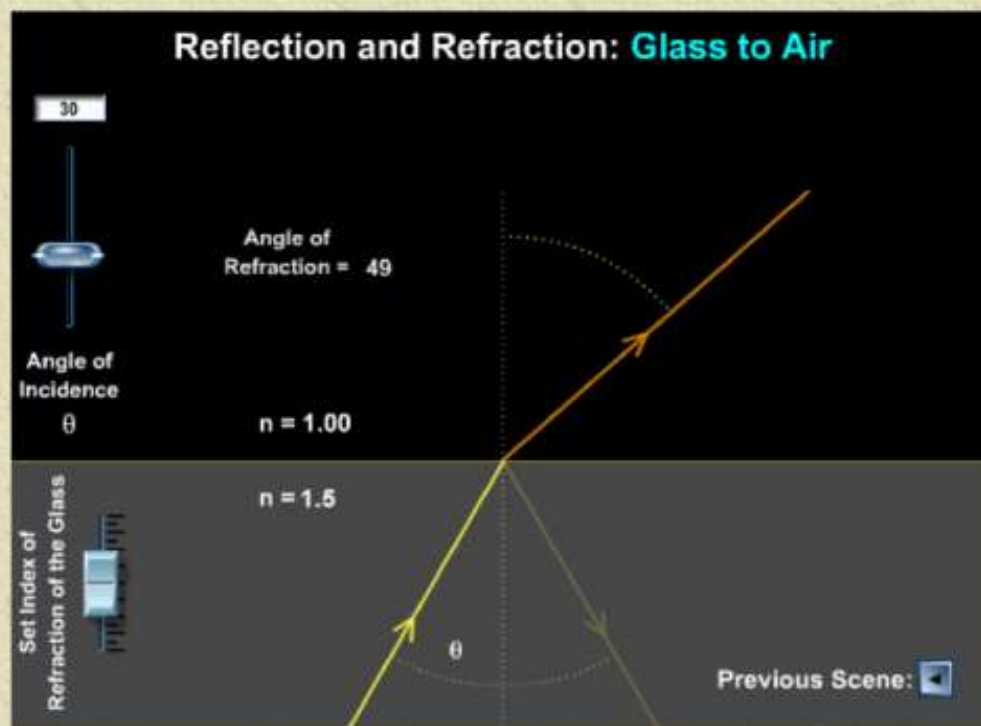
ΑΝΑΚΛΑΣΗ και ΔΙΑΘΛΑΣΗ



ΑΝΑΚΛΑΣΗ και ΔΙΑΘΛΑΣΗ



ΑΝΑΚΛΑΣΗ και ΔΙΑΘΛΑΣΗ



ΑΝΑΚΛΑΣΗ και ΔΙΑΘΛΑΣΗ

Αφού τα υλικά διαθέτουν διαφορετικούς δείκτες διάθλασης και η ταχύτητα του φωτός διαφέρει $\rightarrow \{c=\lambda f\}$ κάποιο από τα μεγέθη f , λ ή και τα δύο αλλάζουν καθώς το φως διέρχεται από το ένα υλικό στο άλλο.

Η συχνότητα, f , είναι βασικό μέγεθος και **δεν αλλάζει**.

Το μέγεθος που αλλάζει είναι το μήκος κύματος, λ .

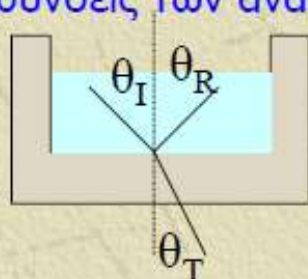
$$n_{\beta} > n_{\alpha} \rightarrow c/u_{\beta} > c/u_{\alpha} \rightarrow u_{\alpha} > u_{\beta} \rightarrow \lambda_{\alpha} f_{\alpha} > \lambda_{\beta} f_{\beta} \rightarrow \lambda_{\alpha} > \lambda_{\beta}$$

$$\lambda = \lambda_o / n$$

ΑΝΑΚΛΑΣΗ και ΔΙΑΘΛΑΣΗ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

Στο σχήμα το υλικό α είναι το νερό ($n=1.33$) ενώ το β είναι γυαλί με δείκτη διάθλασης 1.52. Αν η προσπίπτουσα σχηματίζει γωνία 60° με την κάθετη στον πυθμένα του δοχείου, βρείτε τις διευθύνσεις των ανακλώμενων και των διαθλώμενων ακτίνων.

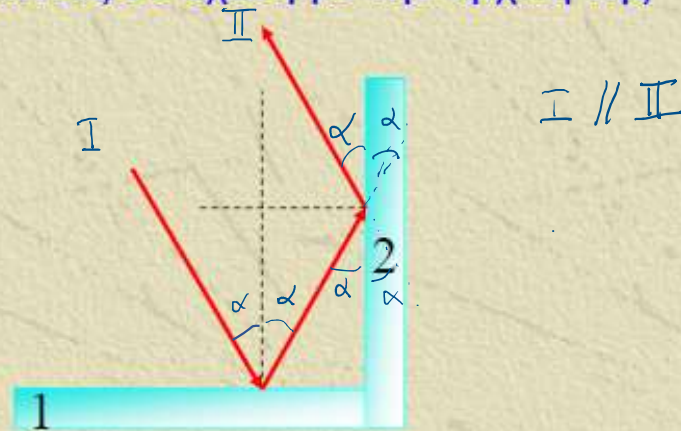


Το μήκος κύματος του ερυθρού φωτός που εκπέμπει laser HeNe είναι 633nm στον αέρα αλλά 474nm στο υδατοειδές υγρό μέσα στο βολβό του ανθρώπινου ματιού. Να υπολογίσετε το δείκτη διάθλασης του υδατοειδούς υγρού καθώς και την ταχύτητα και τη συχνότητα του φωτός στην ουσία αυτή.

ΑΝΑΚΛΑΣΗ και ΔΙΑΘΛΑΣΗ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

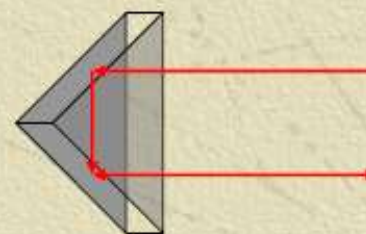
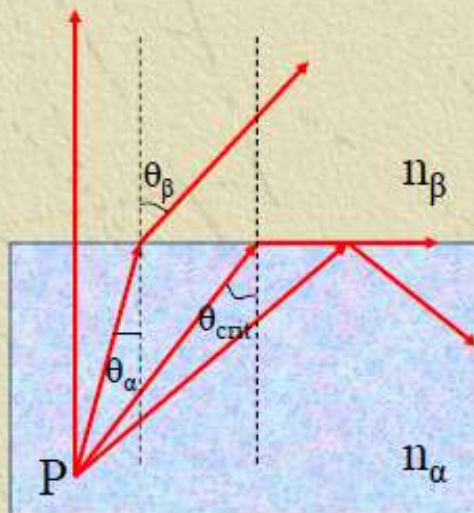
Δύο κάτοπτρα είναι κάθετα μεταξύ τους. Μια ακτίνα διαδιδόμενη σε επίπεδο κάθετο και στα δύο κάτοπτρα ανακλάται από το ένα κάτοπτρο και στη συνέχεια ανακλάται από το δεύτερο κάτοπτρο όπως δείχνει το σχήμα. Ποια είναι η τελική κατεύθυνση της ακτίνας σε σχέση με την αρχική της κατεύθυνση;



ΟΛΙΚΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΝΑΚΛΑΣΗ

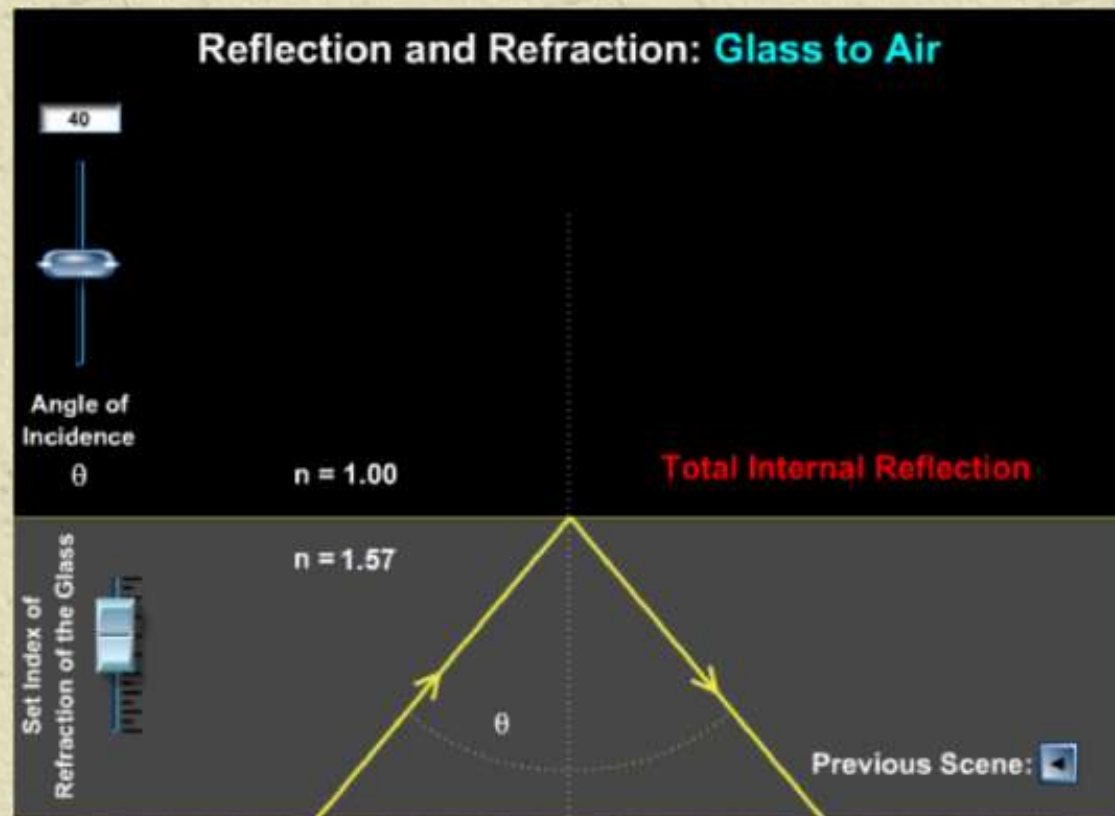
$$\sin\theta_\beta = n_\alpha/n_\beta \sin\theta_\alpha, \text{ αν } n_\alpha > n_\beta \text{ και } \sin\theta_\beta = 1 \rightarrow ?$$

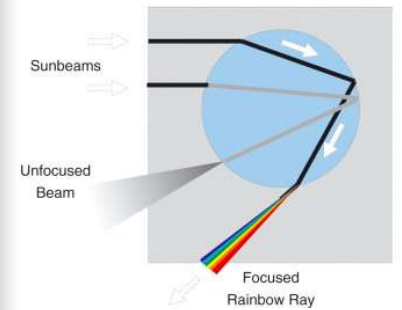
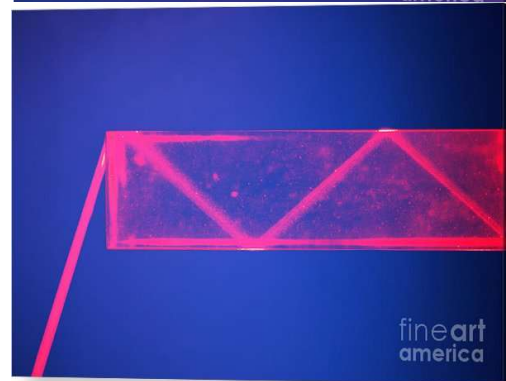
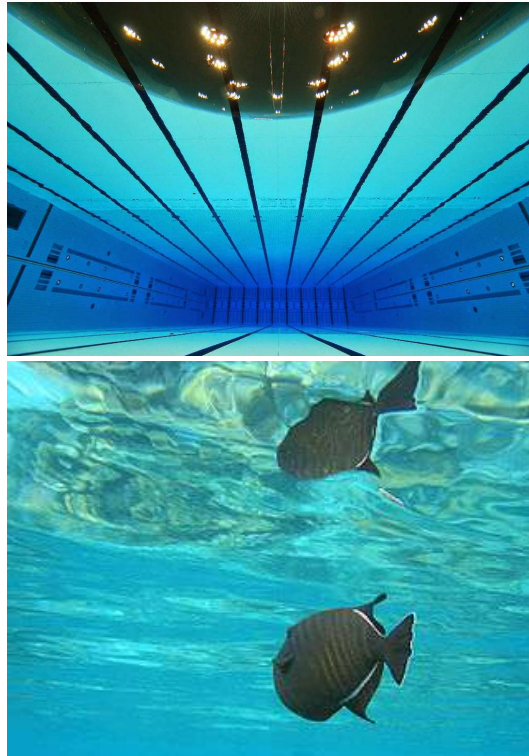
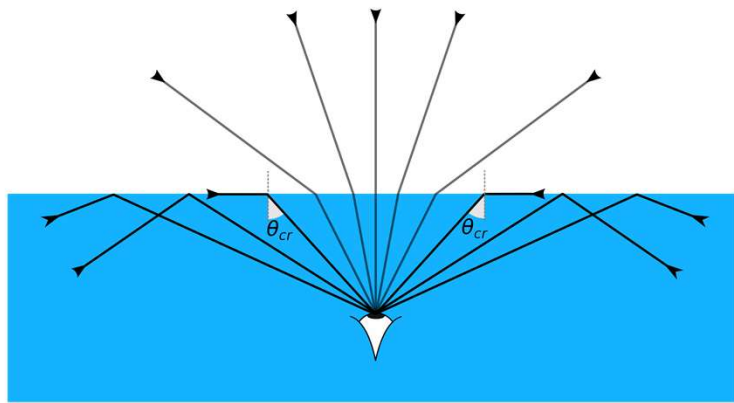
$$\sin\theta_{\text{crit}} = n_\beta/n_\alpha = 0.658 \text{ για το γυαλί, } \theta_{\text{crit}} = 41.1^\circ$$



Πρίσμα Porro

ΟΛΙΚΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΝΑΚΛΑΣΗ





ΟΛΙΚΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΝΑΚΛΑΣΗ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Ένα περισκόπιο περιέχει δύο πρίσματα ολικής ανάκλασης 45° - 45° - 90° ενώ η ολική εσωτερική ανάκλαση που καθιστά δυνατή τη λειτουργία του πραγματοποιείται στις έδρες πρισμάτων που βρίσκονται απέναντι από τις ορθές του γωνίες. Αν εμφανιστεί διαρροή το κάτω πρίσμα επικαλύπτεται από το νερό που διεισδύει λόγω της διαρροής. Εξηγείστε γιατί δεν είναι πλέον δυνατή η λειτουργικότητα του περισκοπίου.

ΟΛΙΚΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΝΑΚΛΑΣΗ

Χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής ολικής εσωτερικής ανάκλασης στις οπτικές ίνες.

