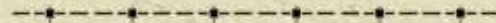


ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ



ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ



ΦΩΣ – ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ →

Κύμα

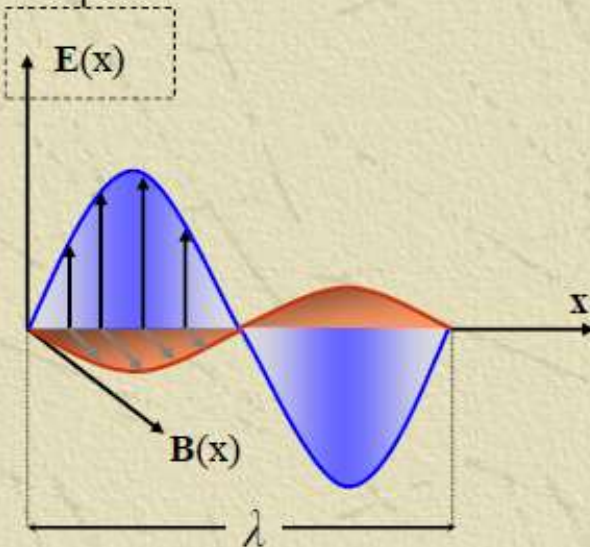
Ηλεκτρικό πεδίο

Μαγνητικό πεδίο

[ταξιδεύουν στο κενό και όλα με την ίδια ταχύτητα, είναι εγκάρσια]

$$E(x, t) = E_0 \cos(kx - \omega t) = E_0 \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}x - 2\pi f t\right)$$

[μέτρο]

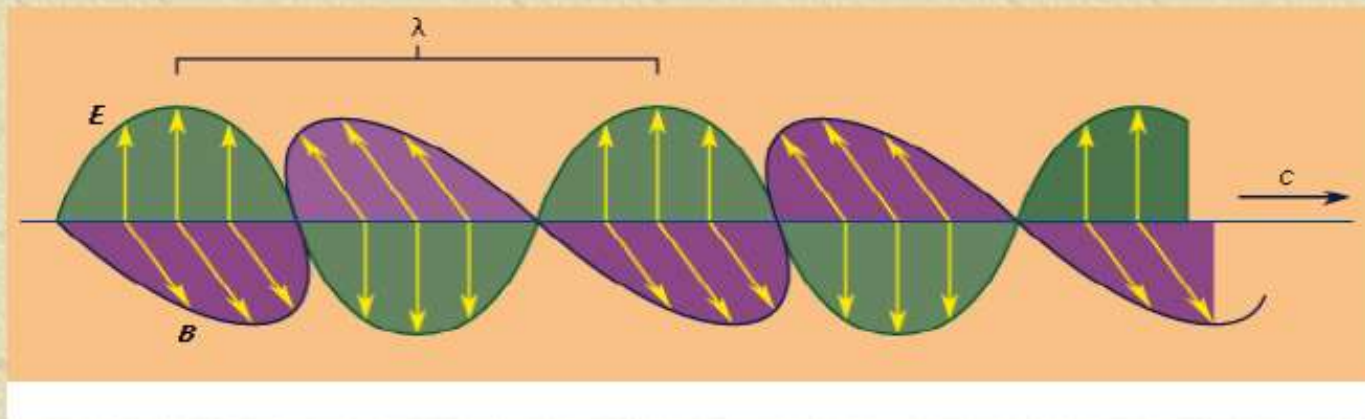


Βασικά χαρακτηριστικά της Η/Μ ακτινοβολίας

- ✦ Μήκος κύματος λ (nm)
- ✦ Συχνότητα f (THz)
 $c = \lambda f = 300000 \text{ Km/s}$
- ✦ Ένταση $I \sim E^2$ (W/m^2)
- ✦ Πόλωση

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ ΦΩΣ

- Η ΗΜ ακτινοβολία (φως) αποτελείται από δύο πεδία τα οποία κυμαίνονται αρμονικά: το ηλεκτρικό **E** και το μαγνητικό **B**
- Τα πεδία αυτά είναι ικανά να ασκήσουν δυνάμεις σε φορτισμένα σωματίδια
 - Το φως μπορεί να περιγραφεί πως αποτελείται από ένα σύνολο στοιχειωδών κυμάνσεων τα οποία ονομάζονται φωτόνια το καθένα από τα οποία κινείται με την ταχύτητα c και κουβαλάει ενέργεια E . Τα δύο πεδία **E** και **B** είναι κάθετα μεταξύ τους και κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης του φωτός και είναι συμφασικά.



Κβαντική προσέγγιση - Φωτόνια

✱ Η **ενέργεια** ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος είναι πολλαπλάσιο μιας **στοιχειώδους** ποσότητας E_f

✱ Όλες οι ανταλλαγές ενέργειας πραγματοποιούνται με δημιουργία ή καταστροφή αυτών των στοιχειωδών κυμάτων → **φωτόνια**



$$E_f = h f$$

$$(h = 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ Js})$$

Αφού $f \sim 1/\lambda$

$$[k = 1/\lambda]$$

$$f \uparrow \Rightarrow E_f \uparrow$$

$$\lambda \uparrow \Rightarrow E_f \downarrow$$

$$k \uparrow \Rightarrow E_f \uparrow$$

$$1\text{eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J} \ \& \ \rightarrow \sim 1250\text{nm} \ \text{ή} \ 8000\text{cm}^{-1}$$

Τι είναι το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα?

- Όλοι είμαστε εξοικειωμένοι με το ΦΩΣ
- Το φως είναι μέρος του ΗΜ φάσματος.
Είναι ΗΜ κύμα
- Υπάρχει ένας αριθμός από διαφορετικά είδη ΗΜ κυμάτων
- Το ΗΜ φάσμα είναι ένας τρόπος για να κατηγοριοποιήσουμε όλα τα είδη των κυμάτων ανάλογα με το μήκος κύματός ΤΟΥΣ

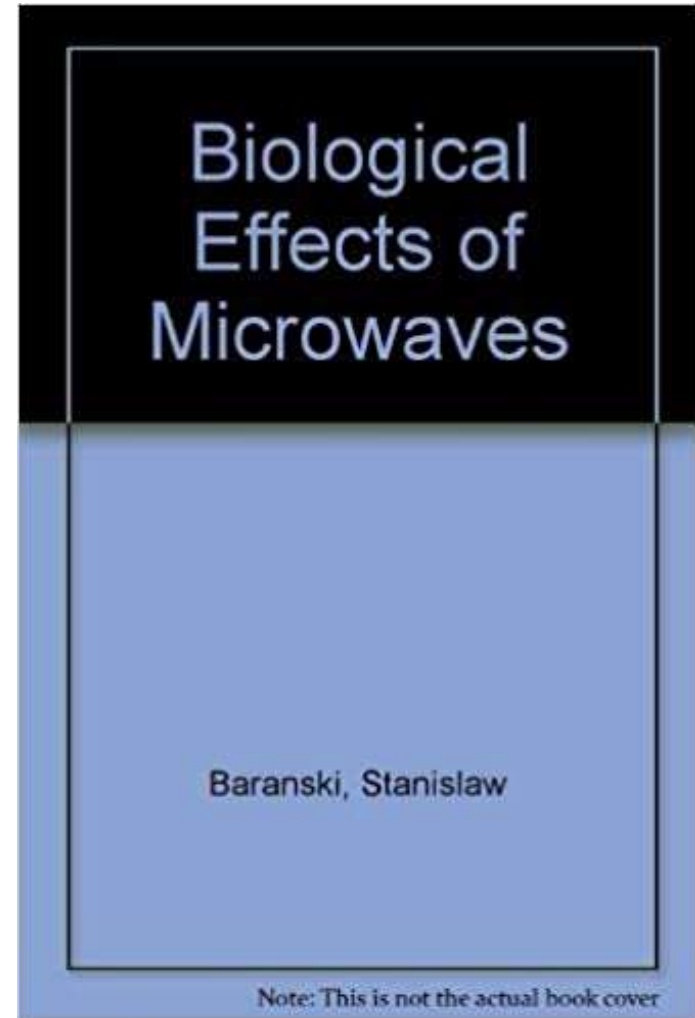
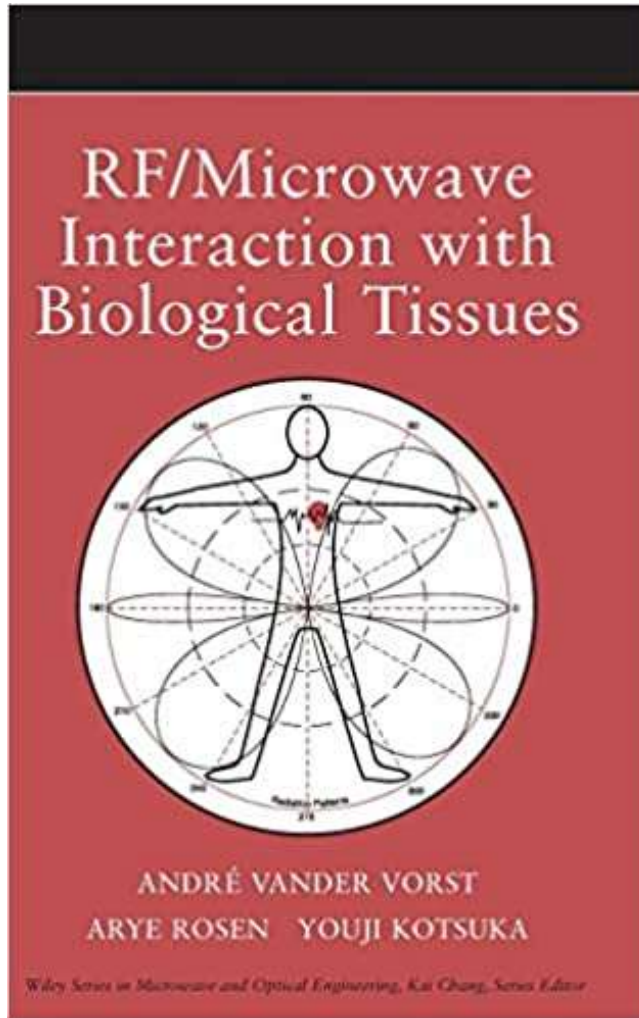
Ραδιοκύματα

- Δημιουργούνται από ταλαντώσεις ηλεκτρονίων σε αγωγούς
- Πολύ μεγάλο μήκος κύματος (μερικά Km έως και μερικά cm) - χαμηλές συχνότητες - επομένως είναι κύματα χαμηλής ενέργειας
 - Χρησιμοποιούνται για αναμετάδοση ραδιοφωνικών και τηλεοπτικών σημάτων
 - Ταξιδεύουν σε ευθεία και μπορούν να ανακλαστούν από τα υψηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας (μπορούν να ταξιδέψουν σε διάφορα μέρη του κόσμου)

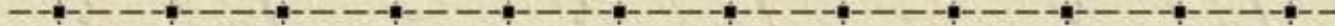


RADIO FREQUENCY AND MICROWAVE EFFECTS ON BIOLOGICAL TISSUES

Jitendra Behari

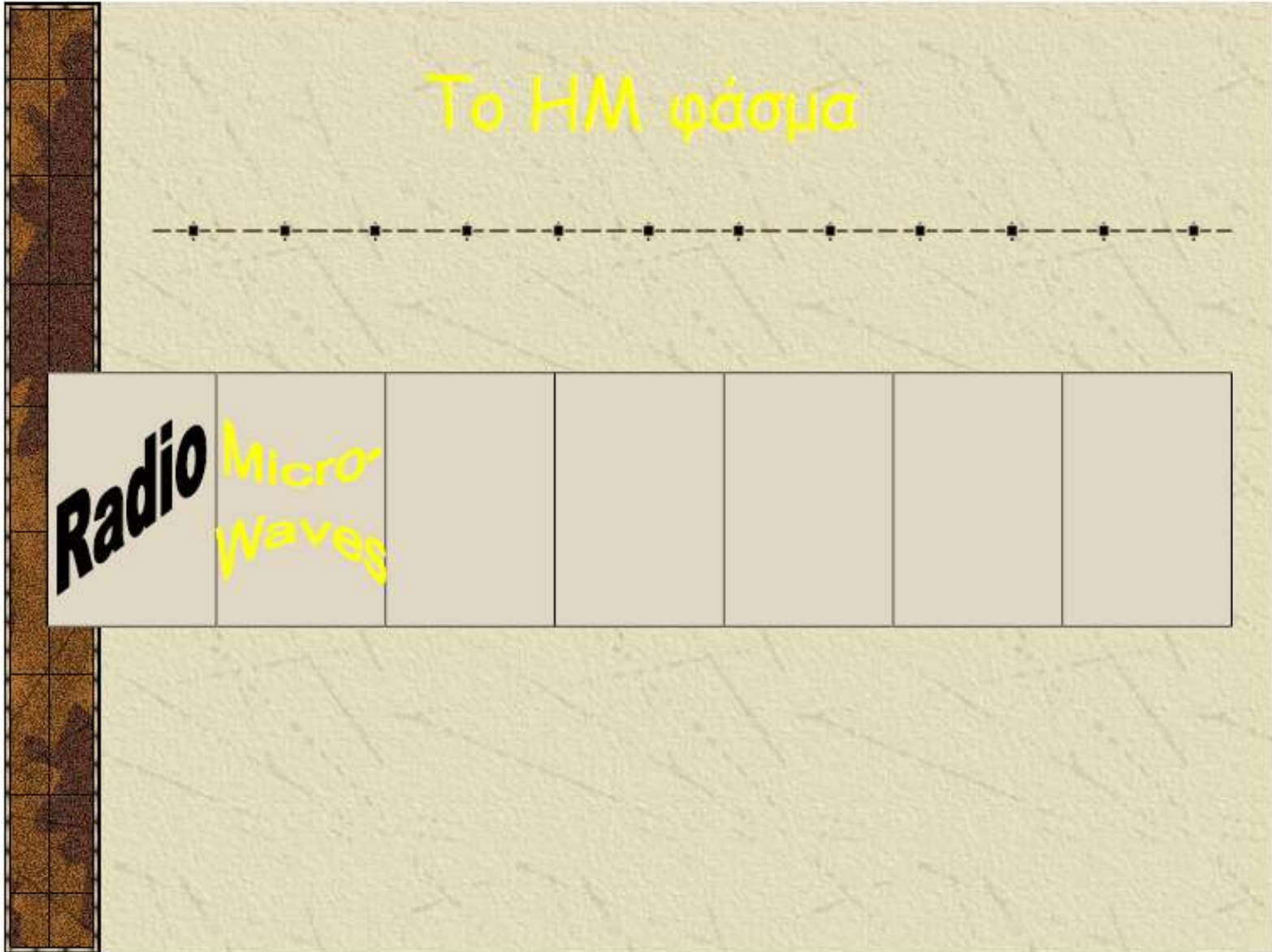


Το ΗΜ φάσμα



Radio

Micro
Waves



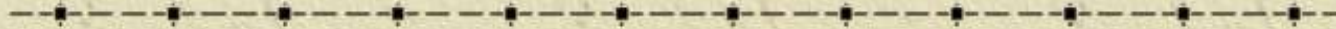
ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΑ

- Μήκος κύματος από μερικά cm έως και 0.0001m (10^{-4}m)
- Χρησιμοποιούνται για μαγείρεμα φαγητού
- Απορροφούνται από μόρια νερού, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα το φαγητό να ζεσταίνεται πολύ γρήγορα
- Έχουν διεισδυτικότητα μερικών cm οπότε η θερμότητα σε βαθύτερα στρώματα μεταφέρεται με επαφή

ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΑ

- Τα μικροκύματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στις τηλεπικοινωνίες
- Τα κινητά τηλέφωνα χρησιμοποιούν μικροκύματα
- Χρησιμοποιούνται ακόμα στις τηλεπικοινωνίες με δορυφόρους επειδή μπορούν να διαπερνούν τα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας
- Δε διασπείρονται οπότε μπορούν εύκολα να συλληχθούν με κεραία - πιάτο

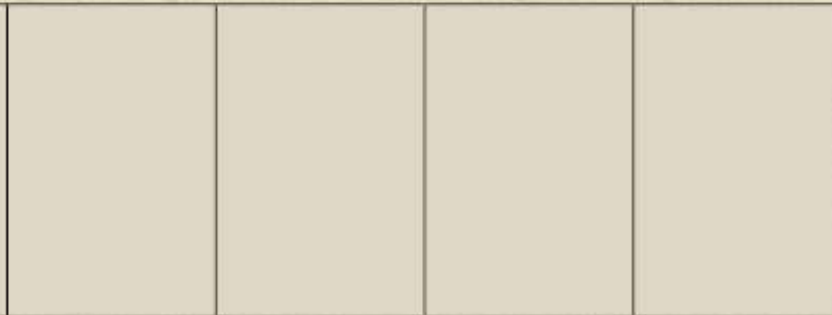
Το ΗΜ φάσμα



Radio

Micro
Waves

Infra
Red



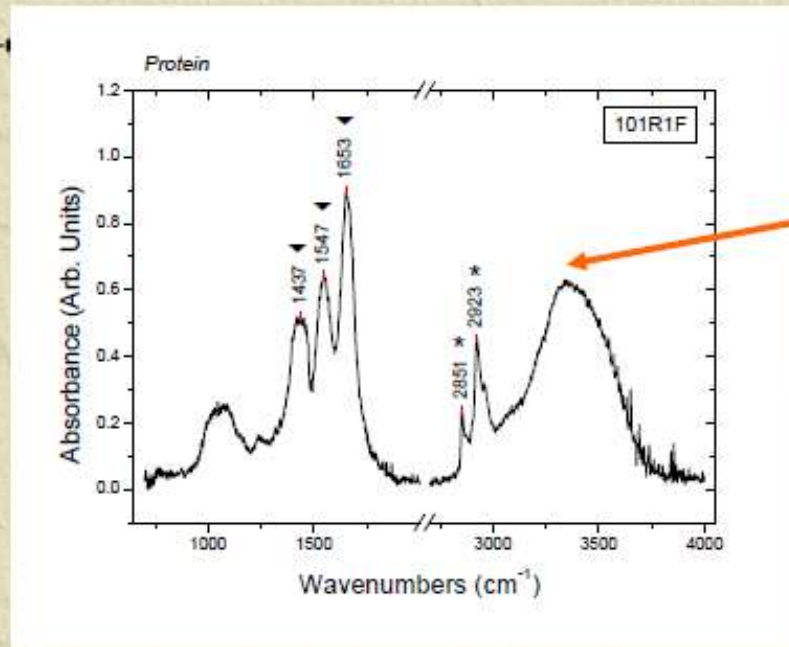
Υπέρυθρο

- Μήκος κύματος από mm έως και 0.000001m (10^{-6}m).
- Η πιο γνωστή εφαρμογή είναι στο μαγείρεμα και στη θέρμανση (Ηλεκτρικές αντιστάσεις μαγειρέματος και θέρμανσης)
 - Η υπέρυθρη ακτινοβολία απορροφάται εύκολα από τις επιφάνειες των περισσοτέρων αντικειμένων ζεσταίνοντάς τα. Η θερμότητα στη συνέχεια μεταδίδεται με επαφή.

Υπέρυθρο

- Όλα τα αντικείμενα εκπέμπουν στο υπέρυθρο
- Αυτό επιτρέπει σε κάμερες να χρησιμοποιούν IR αντί του ορατού για νυχτερινές λήψεις
 - Χρησιμοποιούνται επίσης στις κάμερες θερμικής απεικόνισης (ανεύρεση ανθρώπων θαμμένων σε χαλάσματα σεισμών)
- Χρησιμοποιούνται και στα τηλεχειριστήρια

Ταυτοποίηση οργανικών ουσιών – συνδετικά μέσα(και ανόργανες χρωστικές ή κονιάματα σε ζωγραφικούς πίνακες - FTIR



Vis

Η τεχνική χρησιμοποιεί πολυχρωματική ακτινοβολία συνήθως στην περιοχή 2.5-25μm (μέσο υπέρυθρο) η οποία αλληλεπιδρά με το υλικό προς μελέτη. Η συλλεγόμενη ακτινοβολία μετά την αλληλεπίδραση, κουβαλάει πληροφορία η οποία είναι άμεσα σχετιζόμενη με συγκεκριμένα χημικά ήδη που υπάρχουν στο υλικό και οδηγεί στην ταυτοποίησή τους

Υπέρυθρη ανακλαστογραφία

Vis



IR



Vis

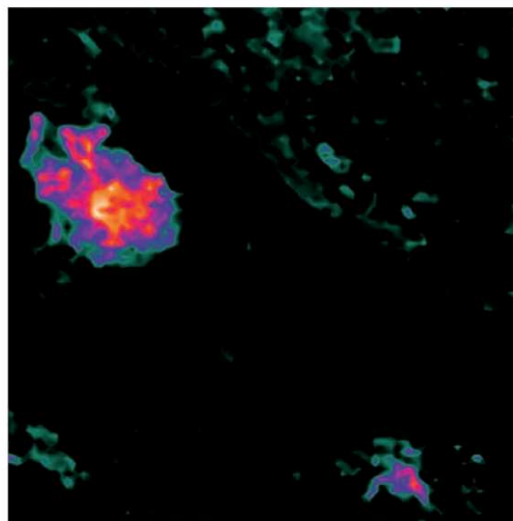


IR

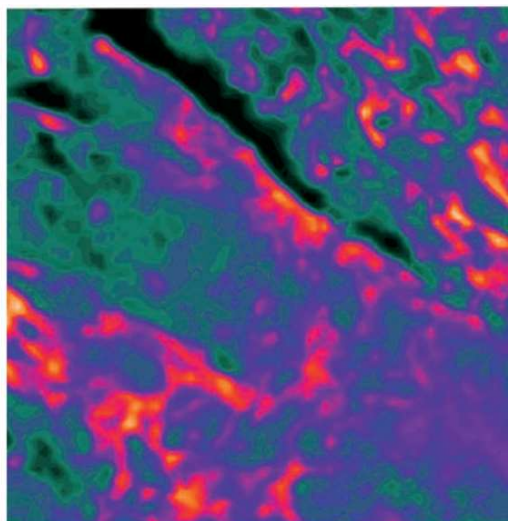


Χρησιμοποιεί ακτινοβολία στο κοντινό υπέρυθρο 1-2 μ m η οποία «φωτίζει» το έργο. Κατάλληλος ανιχνευτής, ευαίσθητος στα αντίστοιχα μήκη κύματος «φωτογραφίζει» το έργο

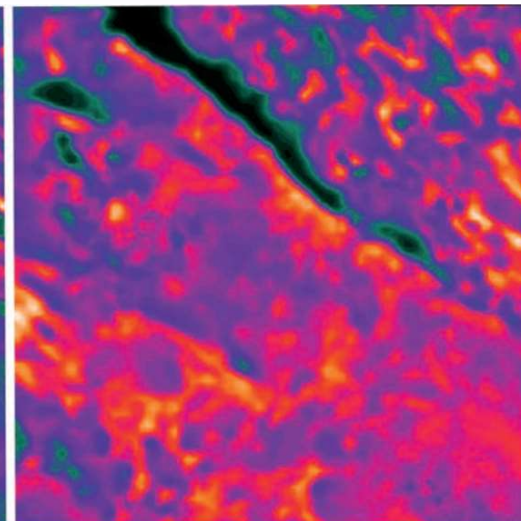
Life-Science Research Applications
FT-IR Imaging of Cancerous Tissue



Cancerous

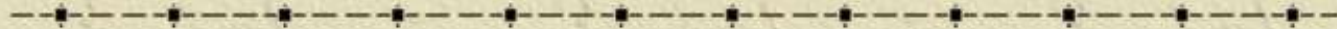


Collagens



Proteins

Το ΗΜ φάσμα



Radio	Micro- Waves	Infra Red	Visible			
--------------	-----------------	--------------	---------	--	--	--

ΟΡΑΤΟ ΦΩΣ

- Το ΗΜ κύμα με το οποίο είμαστε περισσότερο εξοικειωμένοι
- Διαφορετικά χρώματα έχουν διαφορετικό μήκος κύματος, από το κόκκινο (μεγαλύτερο) στο ιώδες (μικρότερο)

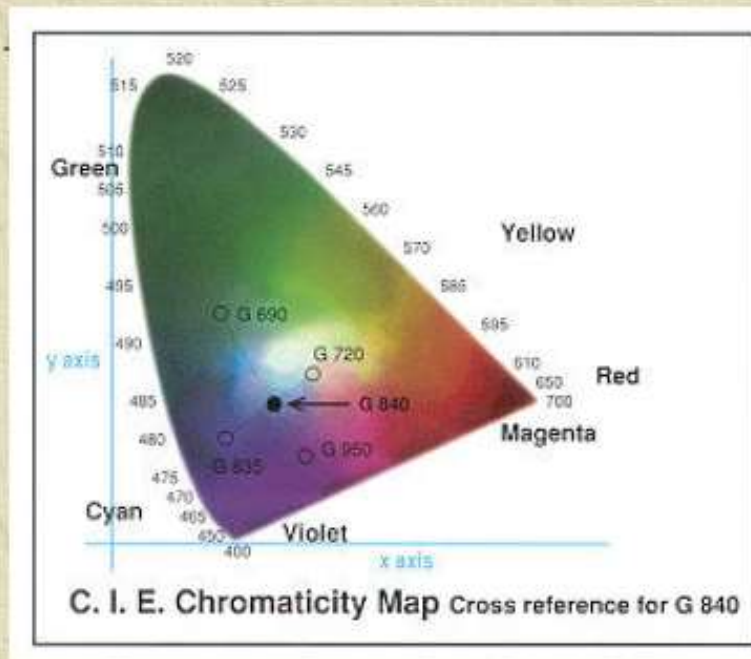
ΤΟ ΟΡΑΤΟ ΦΑΣΜΑ

Το σύνολο του φάσματος είναι:

- **RED (630-700nm)**
- **ORANGE (590-630nm)**
- **YELLOW (560-590nm)**
- **GREEN (490-560nm)**

- **BLUE (440-490)**
- **VIOLET (400-440nm)**

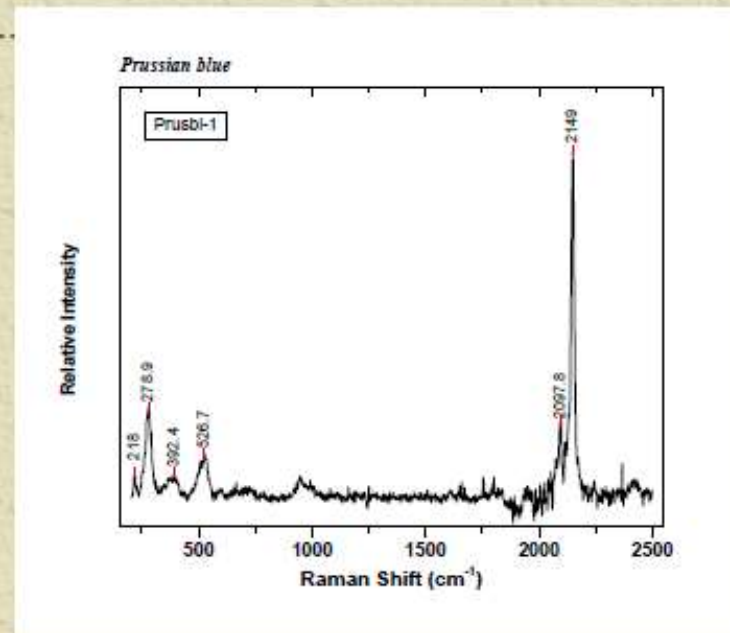
Colourimetry – Visible spectroscopy



Η τεχνική χρησιμοποιεί πολυχρωματική ακτινοβολία στο ορατό η οποία αλληλεπιδρά με το υλικό προς μελέτη. Η συλλεγόμενη ακτινοβολία μετά την αλληλεπίδραση, κουβαλάει πληροφορία η οποία σχετίζεται με το υλικό και συμβάλει στην ποσοτικοποίηση του αισθητικού αποτελέσματος.

Ταυτοποίηση Χρωστικών – Φασματοσκοπία Raman

Μπλε της Πρωσίας
όπως ταυτοποιείται
από τεχνική
φασματοσκοπίας
Raman



Η τεχνική χρησιμοποιεί μονοχρωματική ακτινοβολία η οποία αλληλεπιδρά με το υλικό προς μελέτη. Η συλλεγόμενη ακτινοβολία μετά την αλληλεπίδραση, κουβαλάει πληροφορία η οποία είναι άμεσα σχετιζόμενη με συγκεκριμένα χημικά ήδη που υπάρχουν στο υλικό και οδηγεί στην ταυτοποίησή τους (συμπληρωματική της FTIR)

Φωτογράφιση στο ορατό

Vis



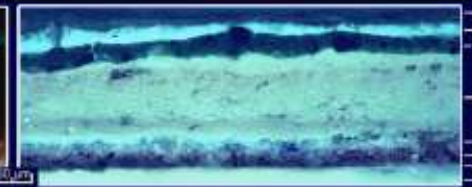
IR



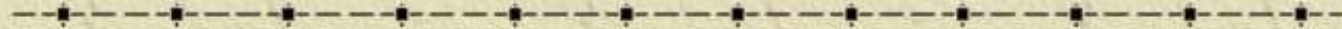
Vis



IR



ΤΟ ΗΜ ΦΑΣΜΑ



Radio	Micro- Waves	Infra Red	Visible	Ultra Violet		
--------------	-----------------	--------------	---------	-----------------	--	--

ΥΠΕΡΙΩΔΕΣ

- Μικρότερο μήκος κύματος, 0.000001m (10^{-6}m), έως 0.000000001m (10^{-9}m), υψηλότερη συχνότητα
- Κουβαλάν μεγαλύτερη ενέργεια και διεισδύουν τα επιφανειακά στρώματα του δέρματος επηρεάζοντας τα εσωτερικά
- Αυτό μπορεί να προκαλέσει εγκαύματα ακόμα και καρκίνο του δέρματος για εκθέσεις σε μεγάλο χρονικό διάστημα
- Τα μάτια μας είναι εξαιρετικά ευαίσθητα στο UV (γυαλιά ηλίου)
- Το μεγαλύτερο ποσοστό της ακτινοβολίας UV του ήλιου φιλτράρεται από το στρώμα όζοντος

Υπεριώδες

- Η ακτινοβολία UV μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αποστείρωση (βακτηρίδια μπορούν να εξολοθρευτούν με UV)
- UV χρησιμοποιείται ακόμη για έλεγχο γνησιότητας σε χαρτονομίσματα
- UV χρησιμοποιείται επίσης στα κέντρα διασκέδασης (κάνουν τα λευκά ρούχα να φαίνονται πιο έντονα)

UV - Fluorescence

Η τεχνική χρησιμοποιεί υπεριώδη πολυχρωματική ακτινοβολία η οποία αλληλεπιδρά με το υλικό προς μελέτη. Μετά την αλληλεπίδραση όσα υλικά φθορίζουν εκπέμπουν στο ορατό.

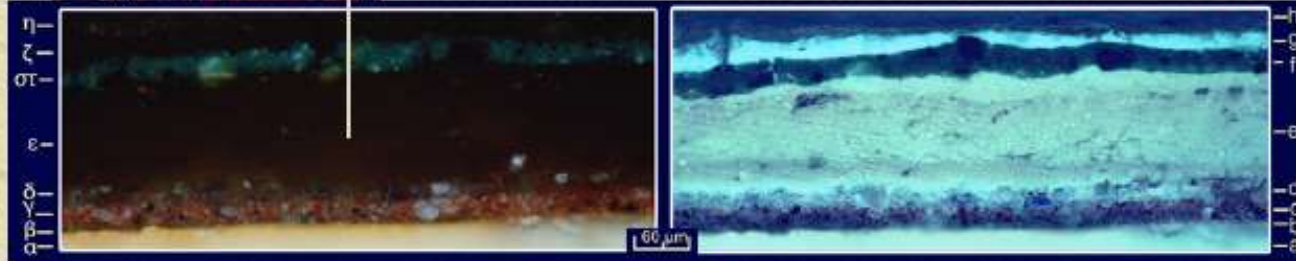
Vis

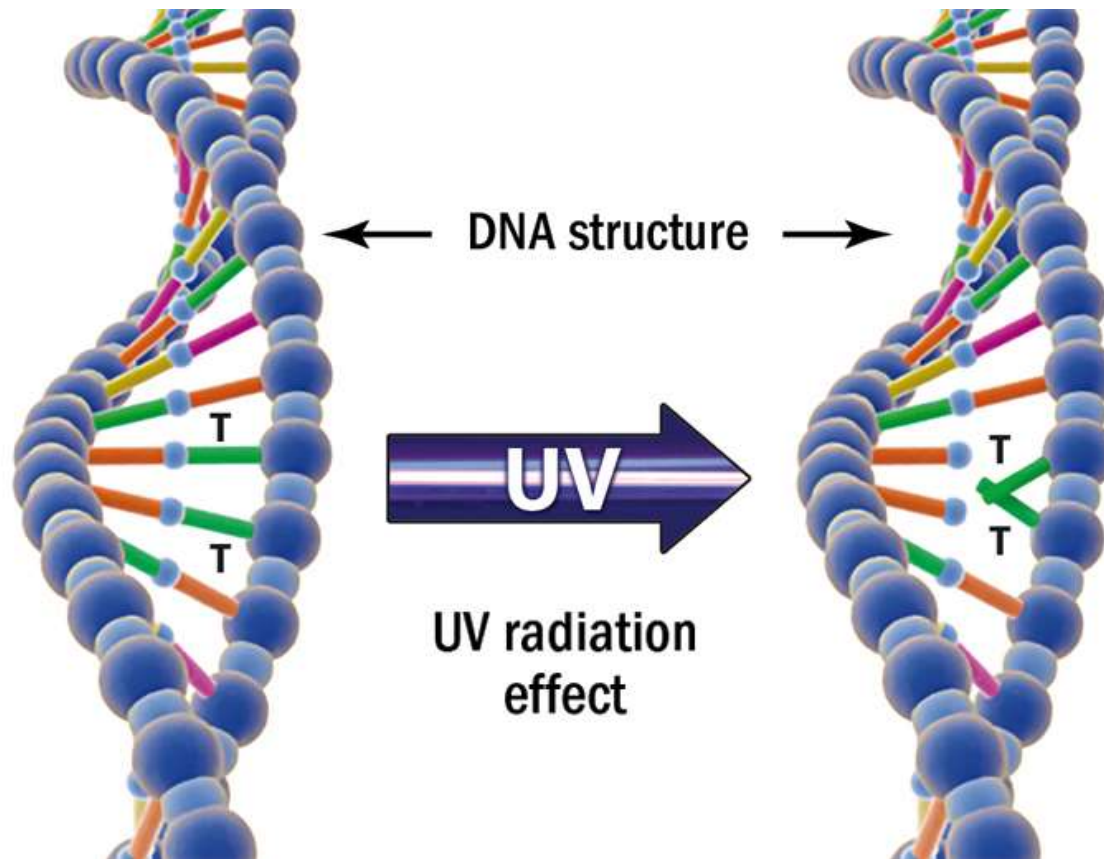


UV

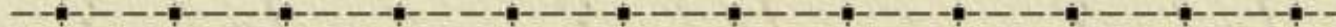


Vis





Το ΗΜ φάσμα



Radio	Micro- Waves	Infra Red	Visible	Ultra Violet	X-Rays	
--------------	-----------------	--------------	---------	-----------------	--------	--

X-RAYS

- Ανακαλύφθηκαν τυχαία από τον Wilhelm Röntgen το 1895
- Πολύ μικρό μήκος κύματος (0.00000001m έως 0.0000000000001m ή 10^{-8} έως 10^{-12}) – πολύ υψηλές συχνότητες
 - Υψηλής ενέργειας – μπορούν να διαπεράσουν το σώμα μας
- Παράγονται αν βομβαρδίσουμε με ηλεκτρόνια ένα μεταλλικό στόχο

X-Rays

-
- Η ικανότητα να διαπερνούν ιστούς δέρματος αλλά όχι τα κόκαλα τις καθιστούν ιδανικές για ακτινογραφίες
 - Μπλοκάρονται τελείως από μέταλλα – χρησιμοποιούνται σε ανιχνευτές μετάλλων (ασφάλεια αεροδρομίων κλπ)

X-RAYS

- Επειδή είναι πολύ ενεργητικές μπορούν εύκολα να βλάψουν ή να καταστρέψουν κύτταρα
- Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε καρκίνο αν η έκθεση δεν είναι ελεγχόμενη
 - Στα νοσοκομεία χρησιμοποιούνται πολύ μικρές δόσεις οι οποίες είναι ακίνδυνες. Ο χρήστης όμως του μηχανήματος θα πρέπει να στέκεται πίσω από μολύβδινο πέτασμα για να μην εκτίθεται στις ακτίνες για μεγάλο χρονικό διάστημα
- Οι X-rays χρησιμοποιούνται επίσης σαν αγωγή κατά του καρκίνου σκοτώνοντας τα καρκινικά κύτταρα

X-Ray Radiography

UV



Vis



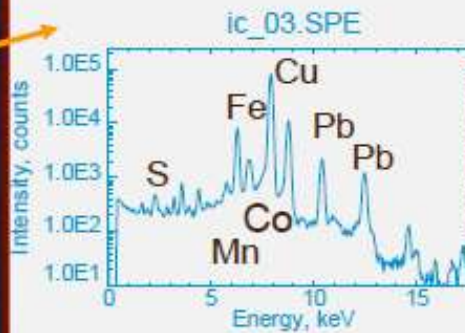
X-Ray



IR

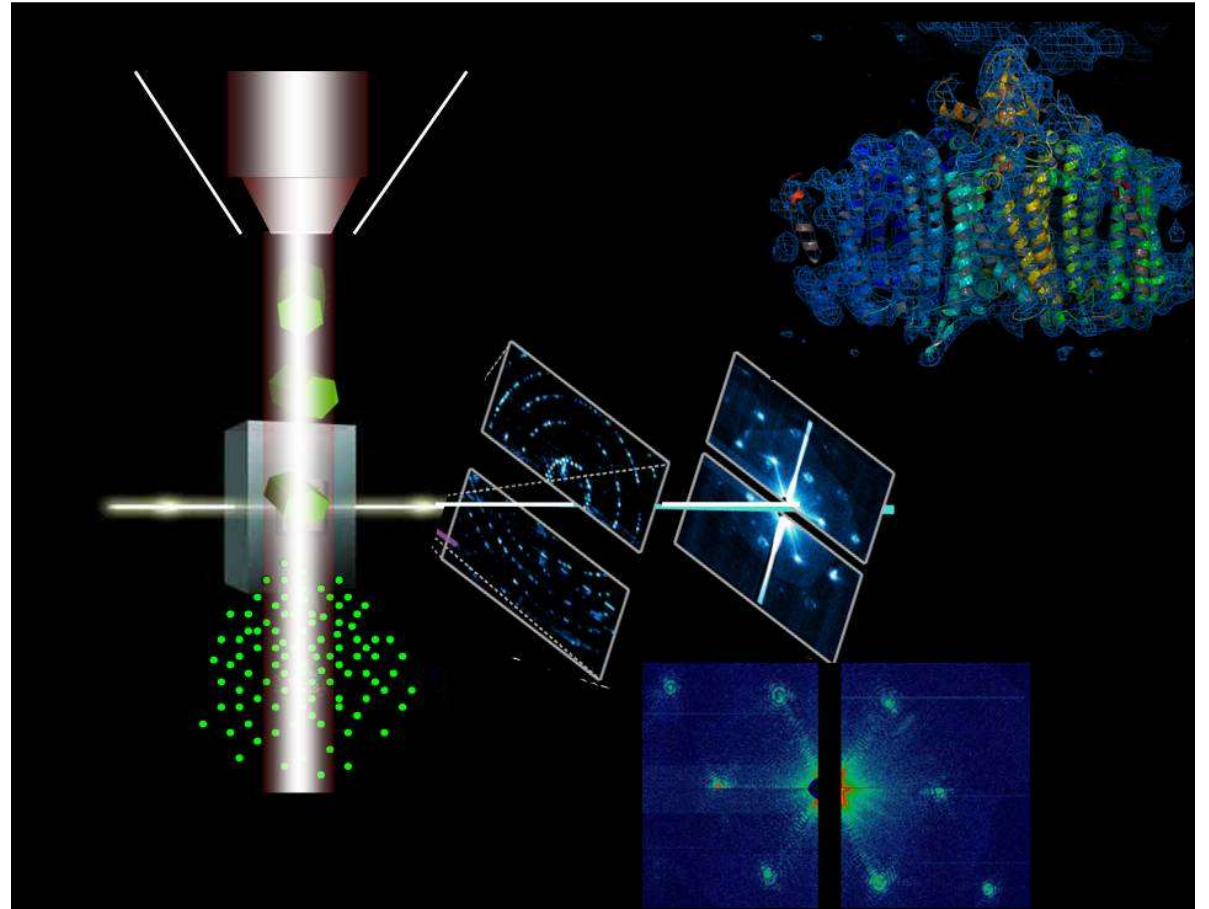


Blue pigment [Blue background]

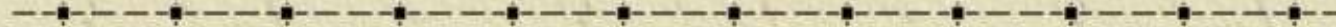


Στοιχειακή ανάλυση
XRF – EDS analysis

Επίσης
Περίθλαση ακτίνων-Χ → XRD



Το ΗΜ φάσμα



Radio

Micro
Waves

Infra
Red

Visible

Ultra
Violet

X-Rays

Gamma
Rays

Ακτίνες γ

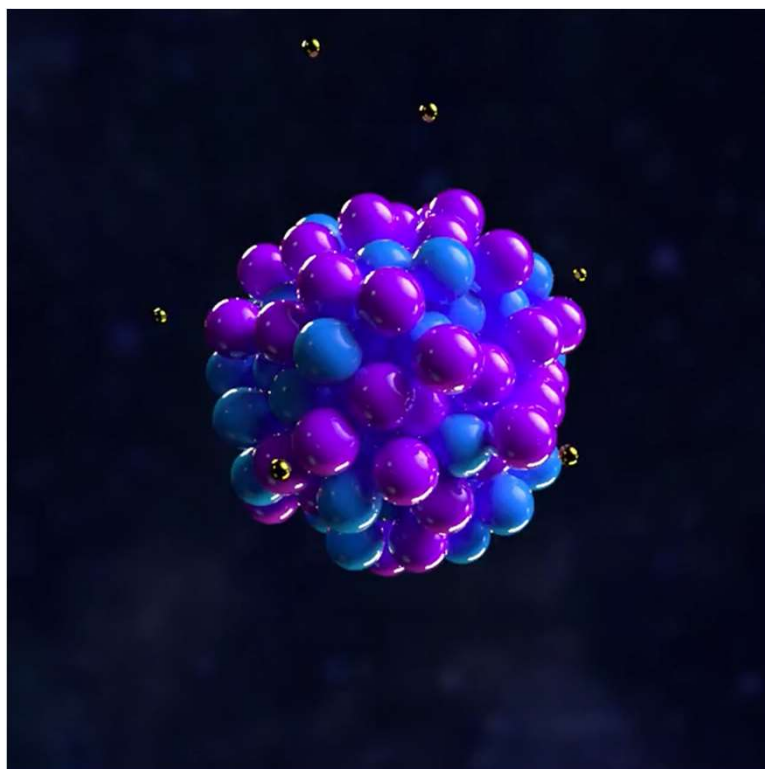
-
- Τρομερά μικρό μήκος κύματος
(0.0000000001 έως 0.0000000000000000001m
ή 10^{-10} έως 10^{-15} m)
 - Τρομερά υψηλές συχνότητες, επομένως
κουβαλάν μεγάλα ποσά ενέργειας.
 - Προέρχονται από πυρήνες ασταθών
ατόμων

ΑΚΤΙΝΕΣ γ

- Πολύ επικίνδυνες στους ζωντανούς οργανισμούς – μπορούν πολύ εύκολα να σκοτώσουν ή να βλάψουν κύτταρα και να οδηγήσουν σε καρκίνο
 - Χρησιμοποιούνται για να αποστειρώσουν υλικό που χρησιμοποιείται σε νοσοκομεία – τα βακτηρίδια σκοτώνονται ακαριαία

ΑΚΤΙΝΕΣ γ

- Χρησιμοποιούνται σαν αγωγή σε καρκινοπαθείς
- Είναι πιο αποτελεσματικές από τις ακτίνες-Χ αφού κουβαλάν μεγαλύτερη ενέργεια
- Πρέπει όμως η εστίαση των ακτίνων γ να είναι ελεγχόμενη για να μη καταστραφούν υγιή κύτταρα
- Ραδιοχρονολόνηση με C^{14}



Ολόκληρο το ΗΜ φάσμα

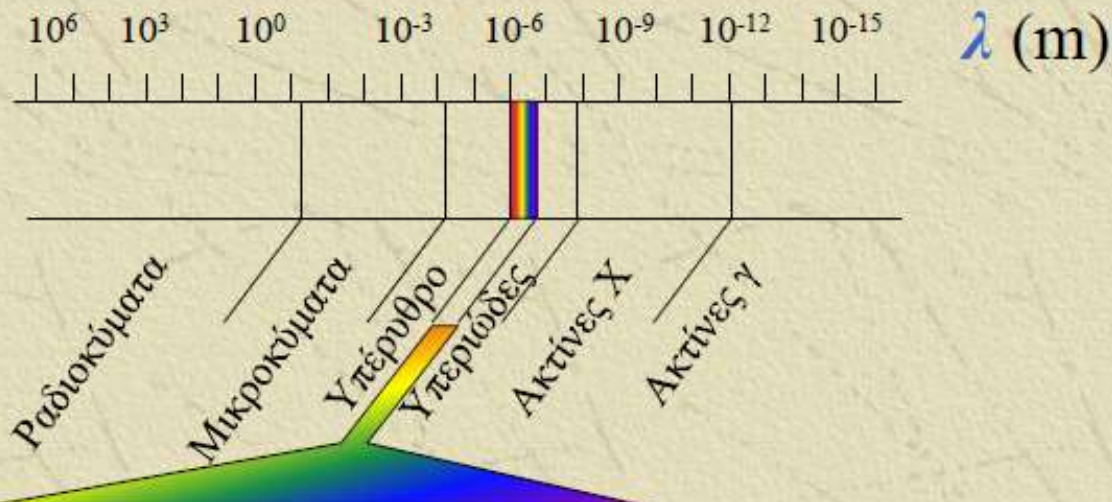


ΣΗΜΕΙΩΝΟΥΜΕ ΠΩΣ

- I. Όλα τα ΗΜ κύματα ταξιδεύουν με την ίδια ταχύτητα στο κενό
- II. Διαφορετικά τμήματα του φάσματος έχουν διαφορετικές ιδιότητες
- III. Όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα μιας ΗΜ ακτινοβολίας τόσο μεγαλύτερη είναι η ενέργειά της

Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

—•— ένας τρόπος ταξινόμησης των διαφόρων ηλεκτρομαγνητικών ακτινοβολιών —•—
ανάλογα με το μήκος κύματος που διαθέτουν



Ρα	Μμ	Υπ	Ορατό	Υπ	Ακτίνες Χ	Ακτίνες γ
Χρ	Χαμ	Χαμ	Χαρακτηριστικά: 0.45μm → 0.8μm, χρώματα	Χρησιμοποιούνται:	Χρησιμοποιούνται:	Χρησιμοποιούνται:
Πρ	Χρι	Βάτ	Κόκκινο μεγαλύτερο λ, ιώδες μικρότερο λ	αποστείρωση νοσοκομειακών χώρων,	αποστείρωση νοσοκομειακών χώρων,	αποστείρωση νοσοκομειακών χώρων,
Χρ	δορ	Χρησιμοπ	Χρησιμοποιούνται:	αποστείρωση νοσοκομειακών χώρων,	αποστείρωση νοσοκομειακών χώρων,	αποστείρωση νοσοκομειακών χώρων,
Βάτ	IR κάμερες, τηλ	Χρ	αντιμετώπιση καρκίνου (επικίνδυνες για κάθε είδους ζωντανό κα οργανισμό)	αποστείρωση νοσοκομειακών χώρων,	αποστείρωση νοσοκομειακών χώρων,	αποστείρωση νοσοκομειακών χώρων,

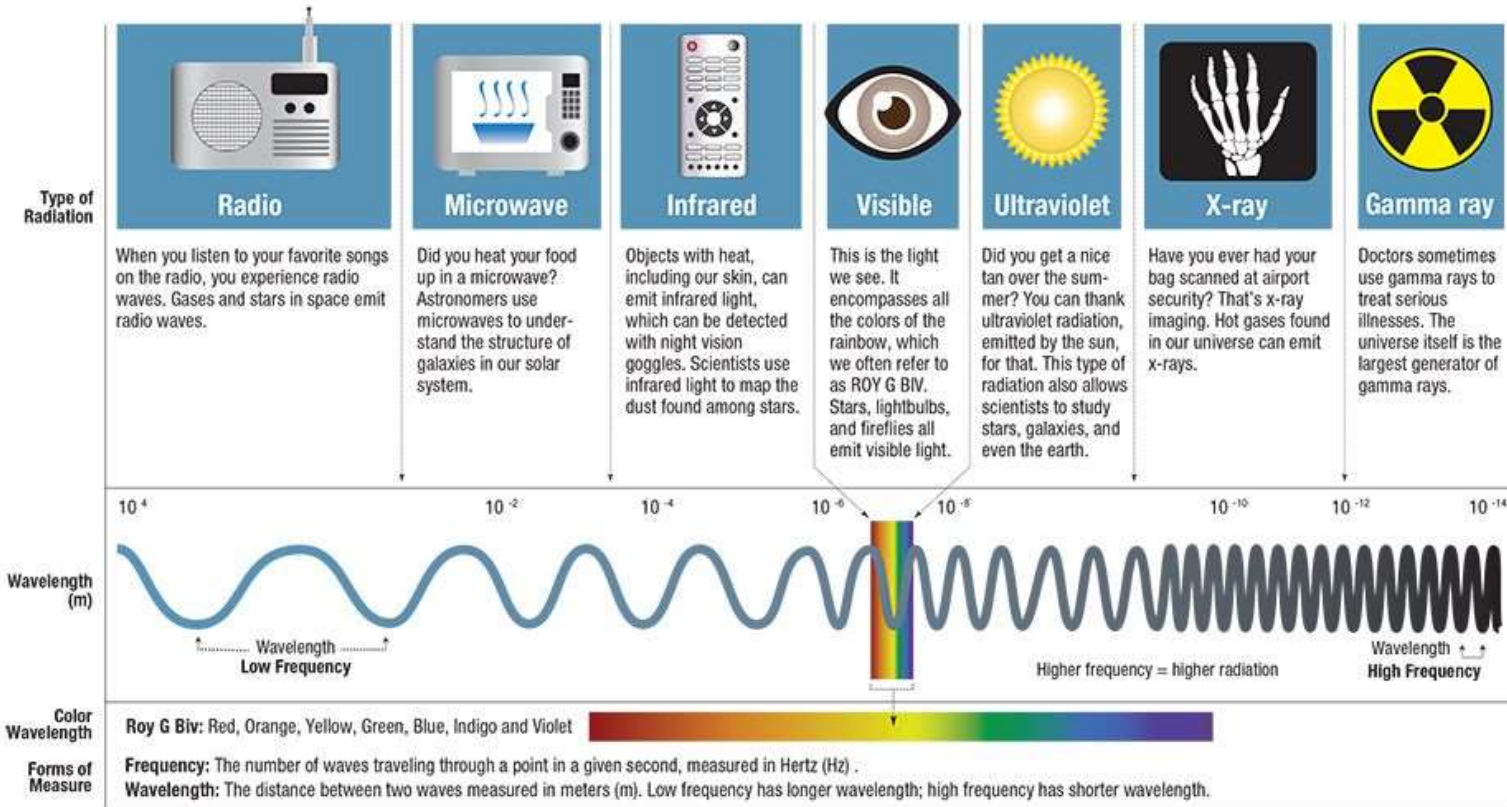
What Is the Electromagnetic Spectrum?

The electromagnetic spectrum is a range of electromagnetic radiation. Radiation is energy that moves in the form of waves and can travel through a medium, such as air, water, or empty space.

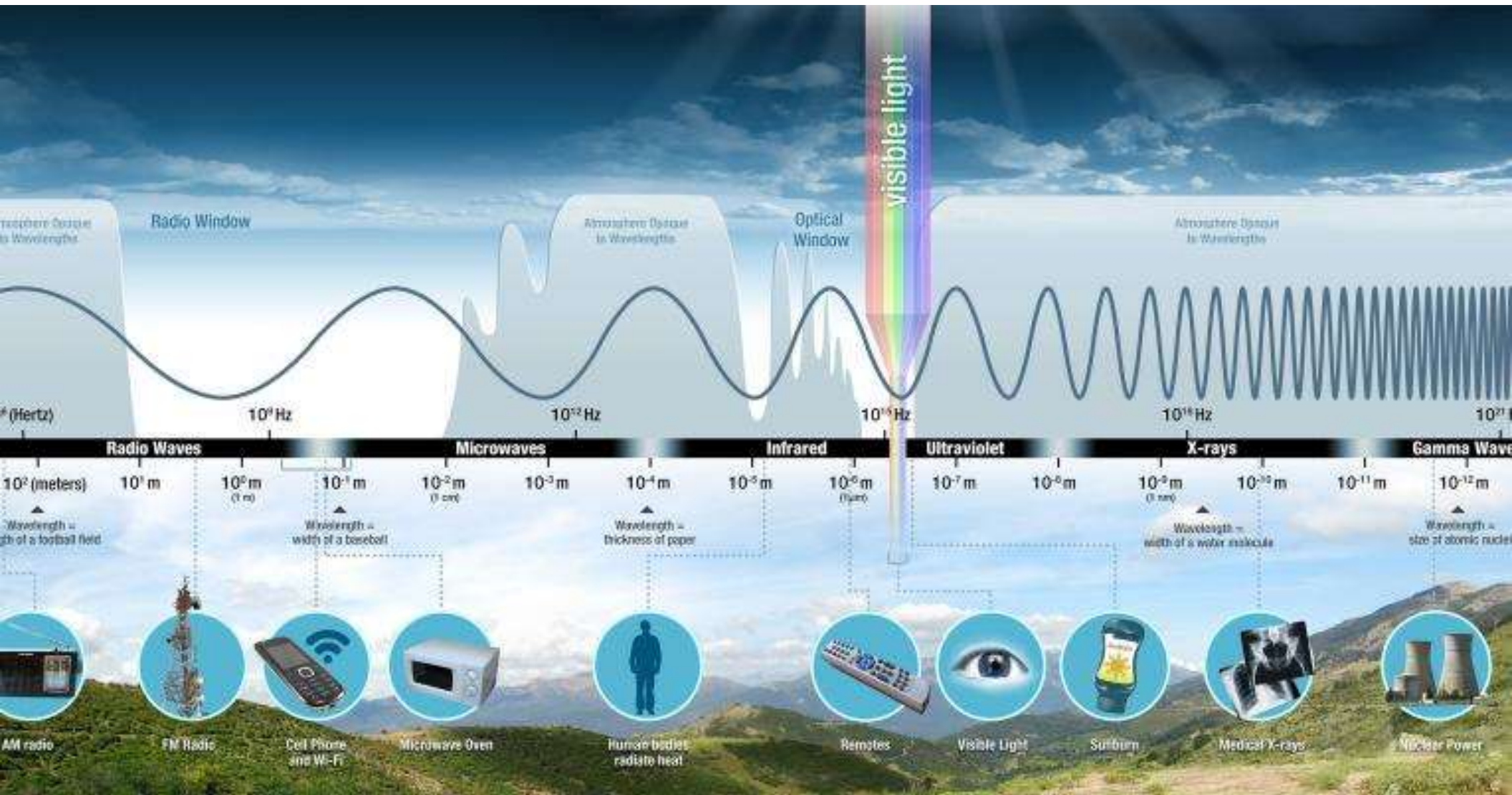
You're probably more familiar with the electromagnetic spectrum than you realize. In fact, you encounter it regularly every day.

Did you know?

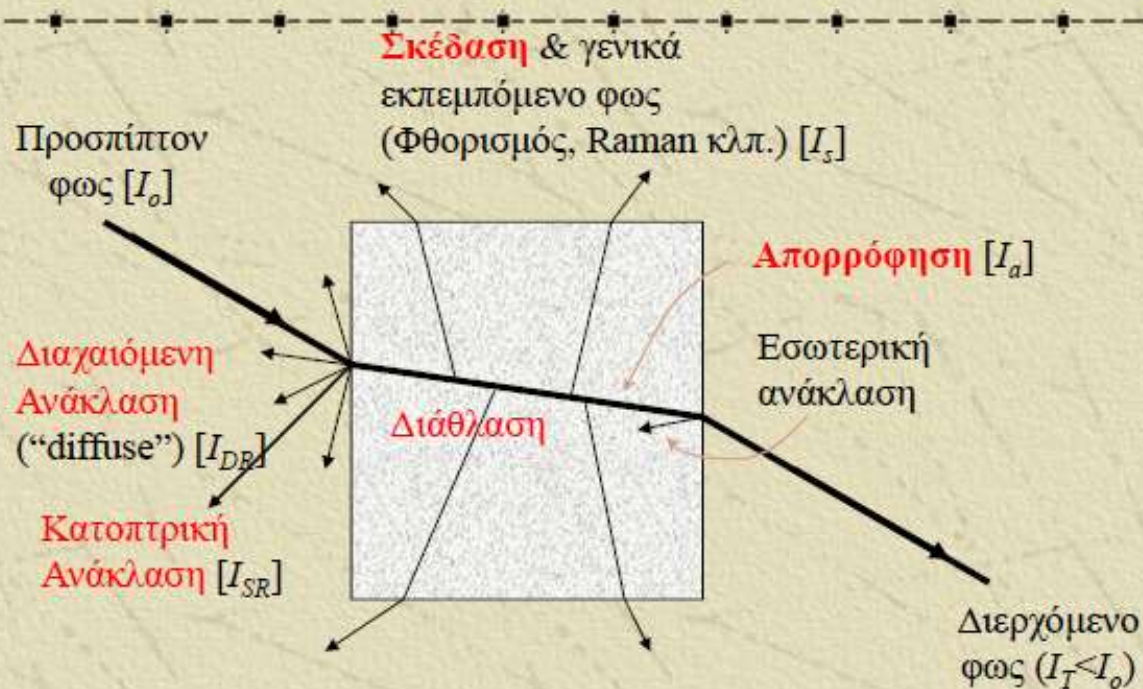
We can't see most of the EM radiation around us. Visible light represents just a small fraction of the entire EM spectrum.



Sources: NASA. "The Electromagnetic Spectrum." Last modified March 2013. <http://imagine.gsfc.nasa.gov/science/toolbox/emspectrum1.html>. The Physics Classroom. "What is a Wave?" <http://www.physicsclassroom.com/class/waves/Lesson-1/What-is-a-Wave>.



ΒΑΣΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΦΩΤΟΣ – ΥΛΗΣ



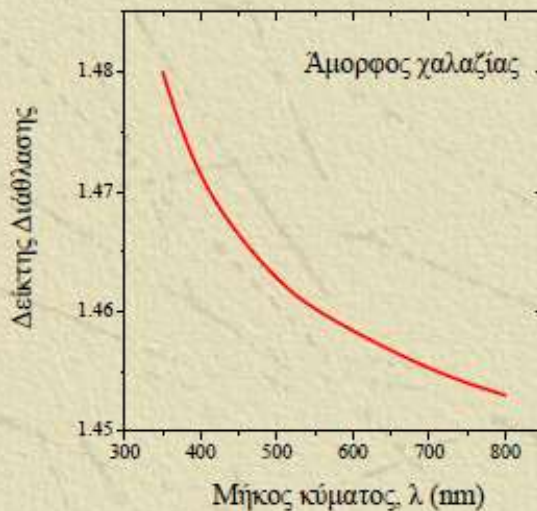
$$I_o = I_s + I_{DR} + I_{SR} + I_a + I_T$$

ΑΝΑΚΛΑΣΗ και ΔΙΑΘΛΑΣΗ

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

$$n = c / u$$

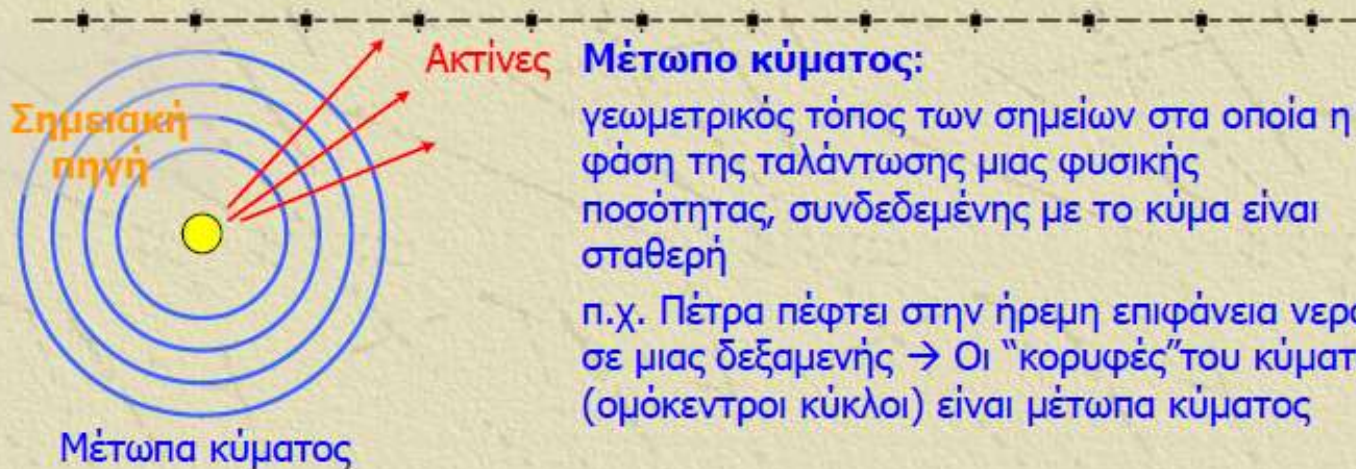
Ισχύει: $n > 1$



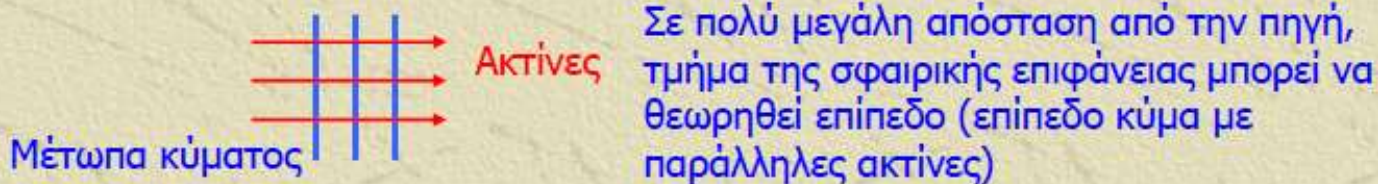
Ο δείκτης διάθλασης αποτελεί ένα **χαρακτηριστικό μέγεθος** για ένα υλικό και **εξαρτάται από το μήκος κύματος της ακτινοβολίας**

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

ΜΕΤΩΠΟ ΚΥΜΑΤΟΣ – ΑΚΤΙΝΕΣ ΦΩΤΟΣ



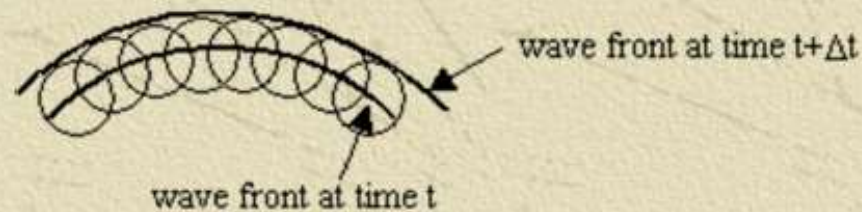
Πολλές φορές είναι απλούστερο να αναπαριστούμε ένα φωτεινό κύμα με τη βοήθεια **ακτίνων** δηλ. υποθετική γραμμή κατά μήκος της κατεύθυνσης όδευσης του κύματος (κάθετες στο μέτωπο κύματος)



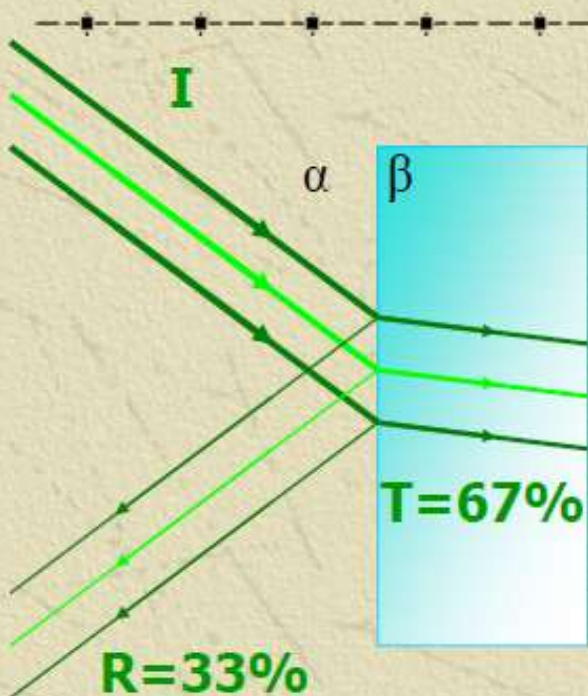
ΑΡΧΗ ΗΥΓΕΝΣ

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



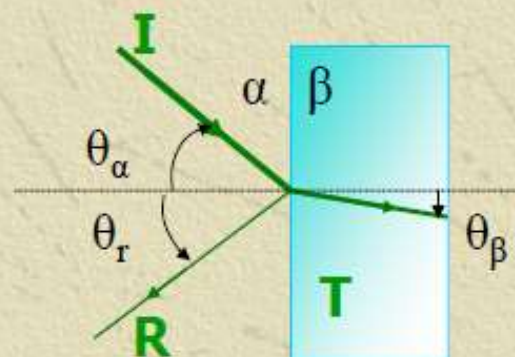
Στην περίπτωση του "κλασσικού
γυαλιού" $R \approx 10\%$

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

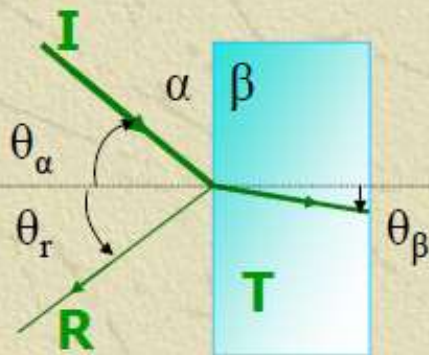
$I \rightarrow$ Incident προσπίπτουσα δέσμη

$R \rightarrow$ Reflected ανακλώμενη δέσμη

$T \rightarrow$ 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 $\theta_r = \theta_a$

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


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

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

Reflection and Refraction: Air to Glass

Angles are in degrees. Values are rounded to the nearest degree. Ray intensities are as shown.

Copyright © 2004 David M. Harrison

30

Angle of Incidence θ

$n = 1.00$

Set Index of Refraction of the Glass

$n = 1.25$

Angle of Refraction = 24

Next Scene:

ΑΝΑΚΛΑΣΗ και ΔΙΑΘΛΑΣΗ

30

Reflection and Refraction: Air to Glass

Angles are in degrees. Values are rounded to the nearest degree. Ray intensities are as shown.

Copyright © 2004 David M. Harrison

Angle of Incidence θ

$n = 1.00$

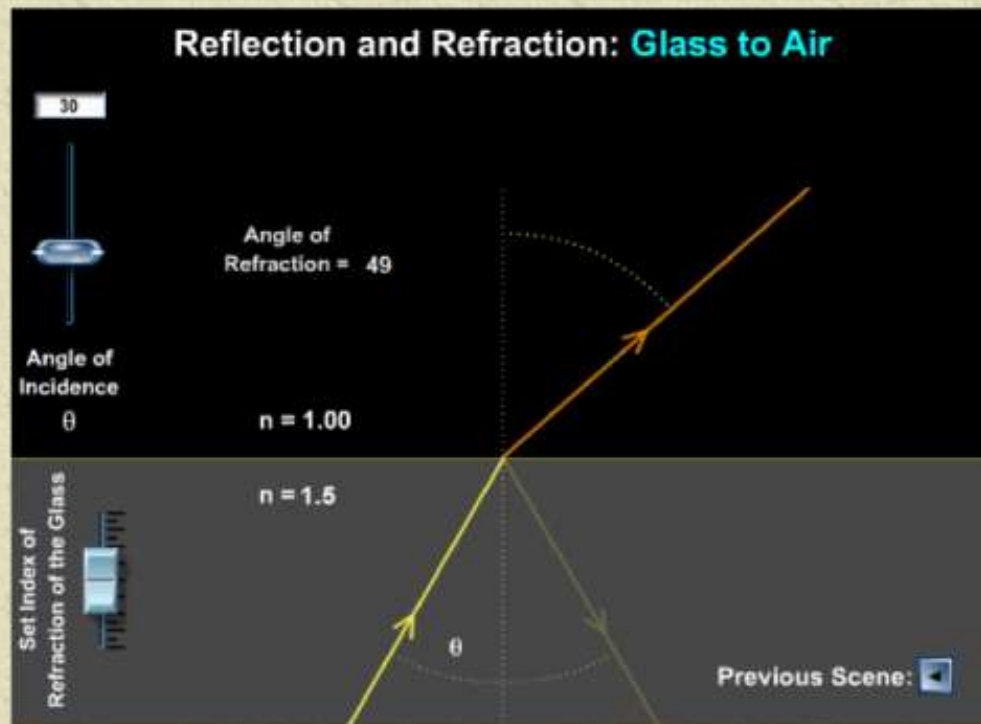
Set Index of Refraction of the Glass

$n = 1.75$

Angle of Refraction = 17

Next Scene:

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 .

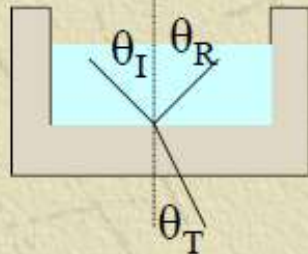
$$n_{\beta} > n_{\alpha} \rightarrow c/u_{\beta} > c/u_{\alpha} \rightarrow u_{\alpha} > u_{\beta} \rightarrow \lambda_{\alpha} f_{\alpha} > \lambda_{\beta} f_{\beta} \rightarrow \lambda_{\alpha} > \lambda_{\beta}$$

$$\lambda = \lambda_0 / n$$

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.

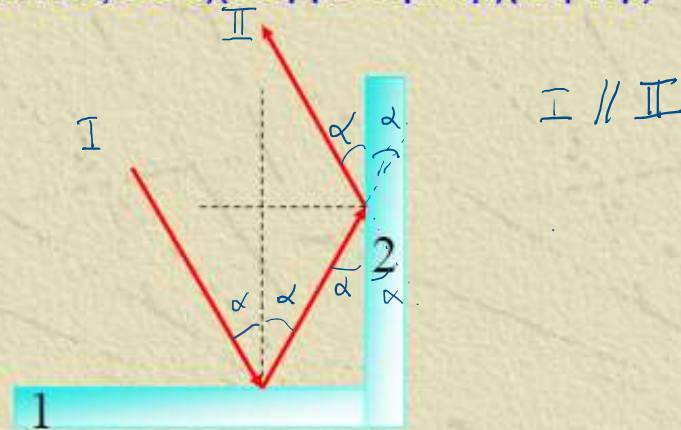


Το μήκος κύματος του ερυθρού φωτός που εκπέμπει laser HeNe είναι 633nm στον αέρα αλλά 474nm στο υδατοειδές υγρό μέσα στο βολβό του ανθρώπινου ματιού. Να υπολογίσετε το δείκτη διάθλασης του υδατοειδούς υγρού καθώς και την ταχύτητα και τη συχνότητα του φωτός στην ουσία αυτή.

ΑΝΑΚΛΑΣΗ και ΔΙΑΘΛΑΣΗ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

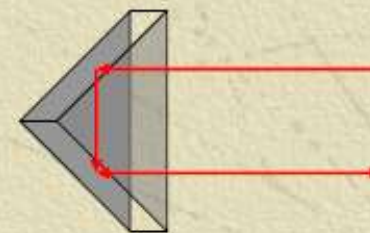
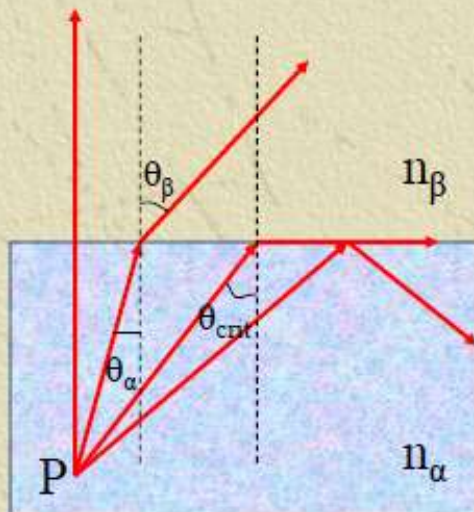
Δύο κάτοπτρα είναι κάθετα μεταξύ τους. Μια ακτίνα διαδιδόμενη σε επίπεδο κάθετο και στα δύο κάτοπτρα ανακλάται από το ένα κάτοπτρο και στη συνέχεια ανακλάται από το δεύτερο κάτοπτρο όπως δείχνει το σχήμα. Ποια είναι η τελική κατεύθυνση της ακτίνας σε σχέση με την αρχική της κατεύθυνση;



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 Πορρο

ΟΛΙΚΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΝΑΚΛΑΣΗ

Reflection and Refraction: **Glass to Air**

40

Angle of Incidence θ


$n = 1.00$

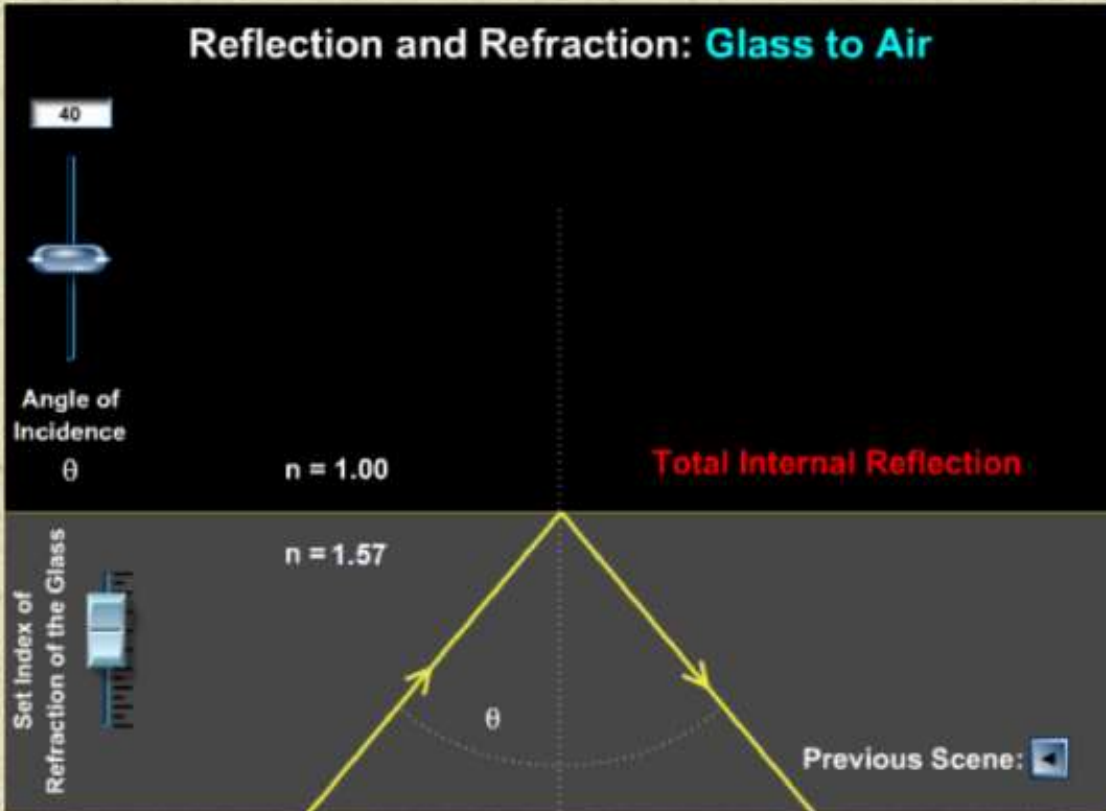
Total Internal Reflection

Set Index of Refraction of the Glass

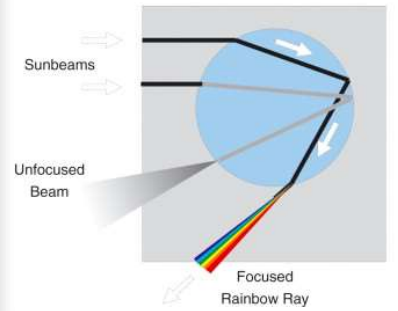
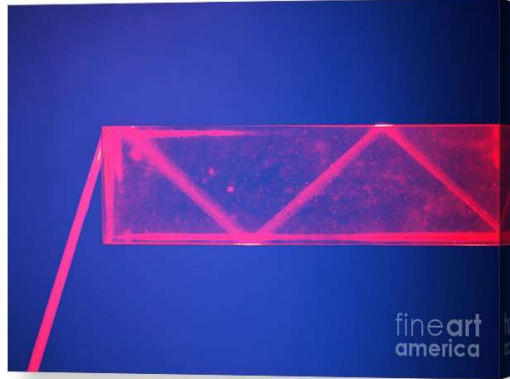
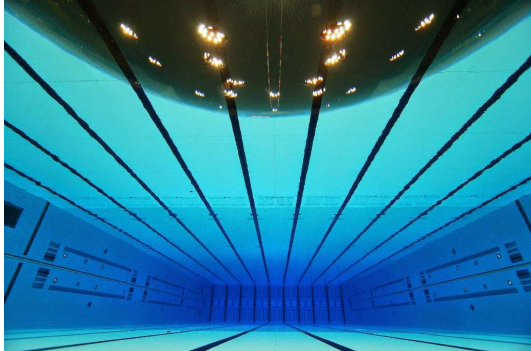
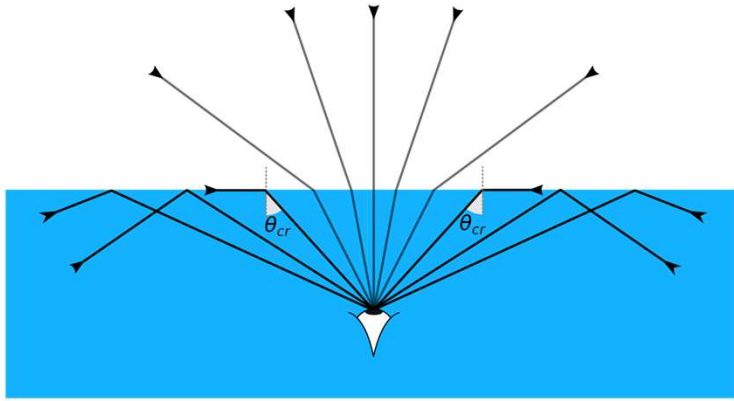
$n = 1.57$

θ

Previous Scene: 



The diagram illustrates Total Internal Reflection (TIR) at the interface between glass and air. The interface is a horizontal line. The region above the interface is black, representing air with a refractive index $n = 1.00$. The region below the interface is dark grey, representing glass with a refractive index $n = 1.57$. A vertical dashed line represents the normal to the interface. A yellow arrow, representing the incident ray, originates from a point in the glass and points towards the interface. The angle between this ray and the normal is labeled θ . Another yellow arrow, representing the reflected ray, originates from the same point on the interface and points back into the glass. The angle between this reflected ray and the normal is also labeled θ . The text "Total Internal Reflection" is written in red in the air region. On the left side of the interface, there are two control elements: a slider labeled "Angle of Incidence" with a value of 40, and a vertical slider labeled "Set Index of Refraction of the Glass". A "Previous Scene" button with a left-pointing arrow is located in the bottom right corner of the diagram area.



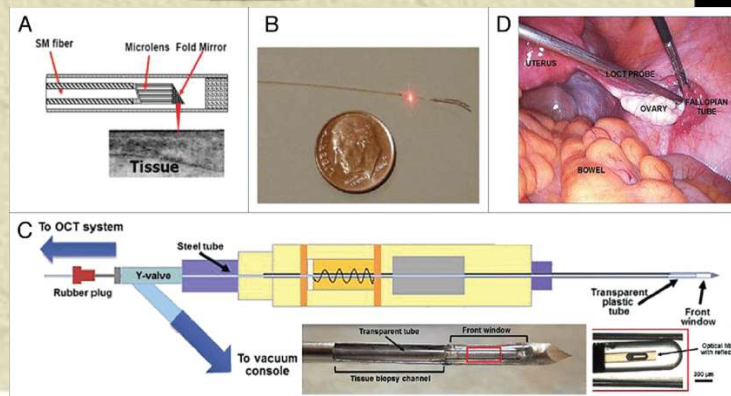
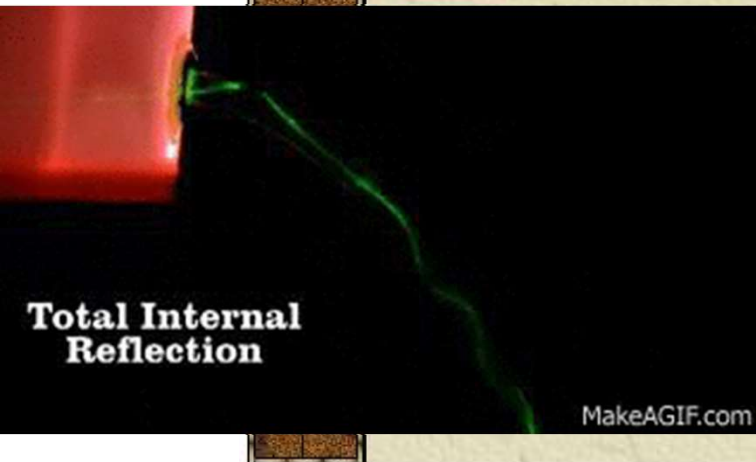
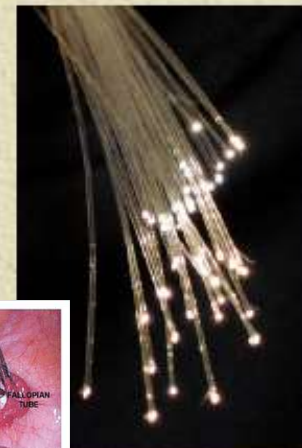
ΟΛΙΚΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΝΑΚΛΑΣΗ

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.

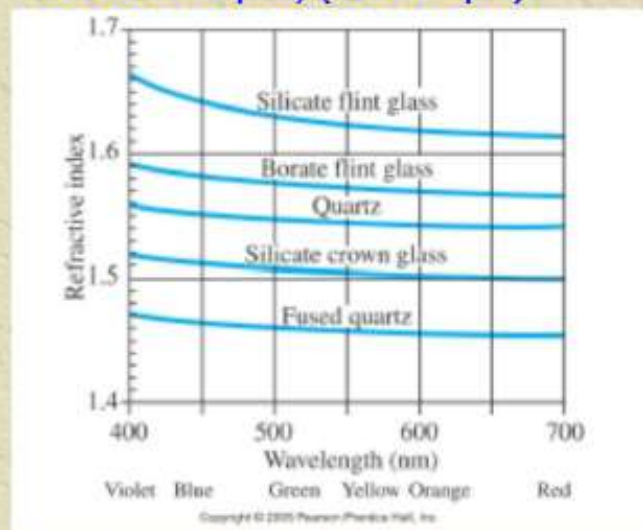
ΟΛΙΚΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΝΑΚΛΑΣΗ

Χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής ολικής εσωτερικής ανάκλασης στις οπτικές ίνες.



ΔΙΑΣΚΕΔΑΣΜΟΣ

Το λευκό φως είναι υπέρθεση κυμάτων με διάφορα μήκη κύματος που εκτείνονται σε όλο το οπτικό φάσμα. Ενώ στο κενό η ταχύτητα του φωτός είναι ανεξάρτητη του μήκους κύματος μέσα σε ένα υλικό η ταχύτητα του φωτός εξαρτάται από το μήκος κύματος. Η εξάρτηση αυτή ονομάζεται διασκεδασμός (διασπορά)



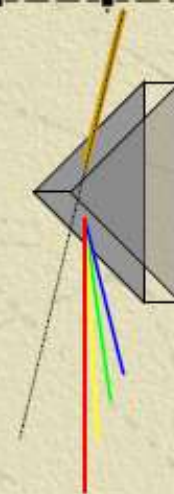
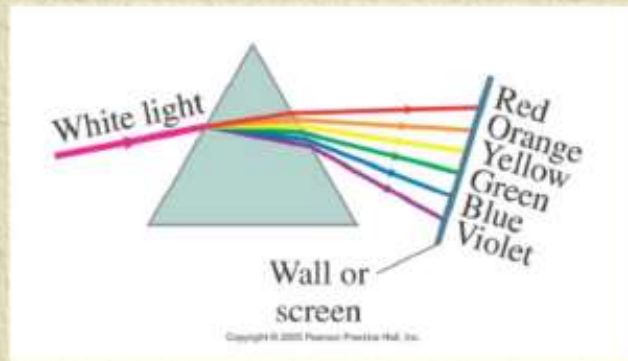
Ο δείκτης διάθλασης αποτελεί ένα χαρακτηριστικό μέγεθος για ένα υλικό και εξαρτάται από το μήκος κύματος της ακτινοβολίας

ΔΙΑΣΚΕΔΑΣΜΟΣ

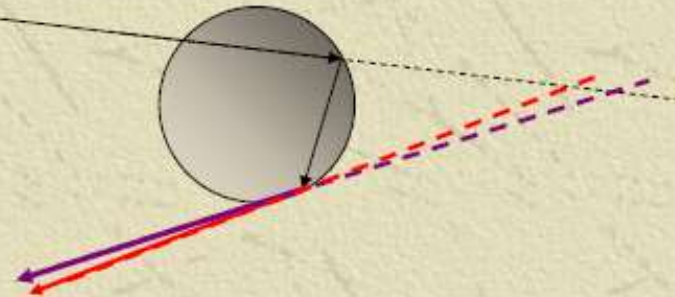
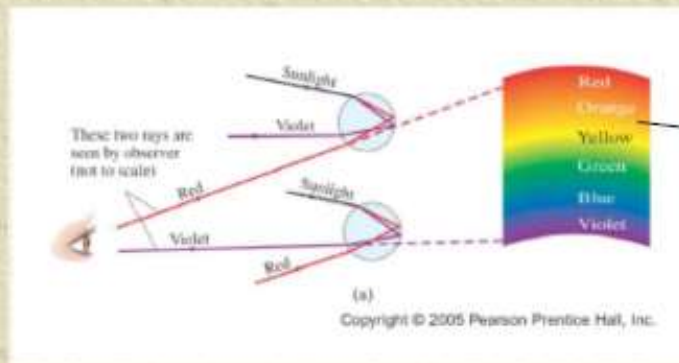
AN $\alpha \rightarrow$ αέρας, $b \rightarrow$ γυαλί

Snell $n_a \sin \theta_a = n_b \sin \theta_b$

n_b μειώνεται αυξανόμενου του λ (διασκεδασμός)
το $\sin \theta_b$ θα πρέπει να αυξάνει (το θ_b να αυξάνει)

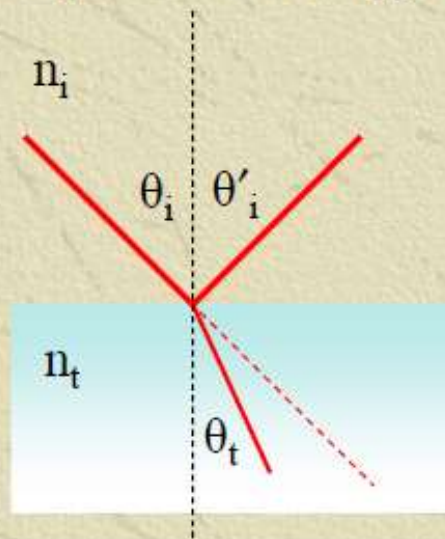


ΠΡΟΣΟΧΗ!!!
Ως προς την κατακόρυφο



ΑΝΑΚΛΑΣΗ και ΔΙΑΘΛΑΣΗ

Δέσμη φωτός συναντά την επιφάνεια ενός διαφανούς σώματος → φαινόμενα ανάκλασης και διάθλασης



Για την ανακλώμενη δέσμη ισχύει

$$\theta_i = \theta'_i$$

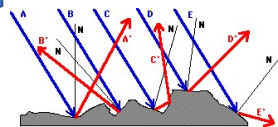
Στιλπνές επιφάνειες ανακλούν σε συγκεκριμένη γωνία (κατοπτρική ανάκλαση).

Τραχιές επιφάνειες ανακλούν σε όλες τις διευθύνσεις (διαχεόμενη ανάκλαση) → επιφανειακές ανωμαλίες

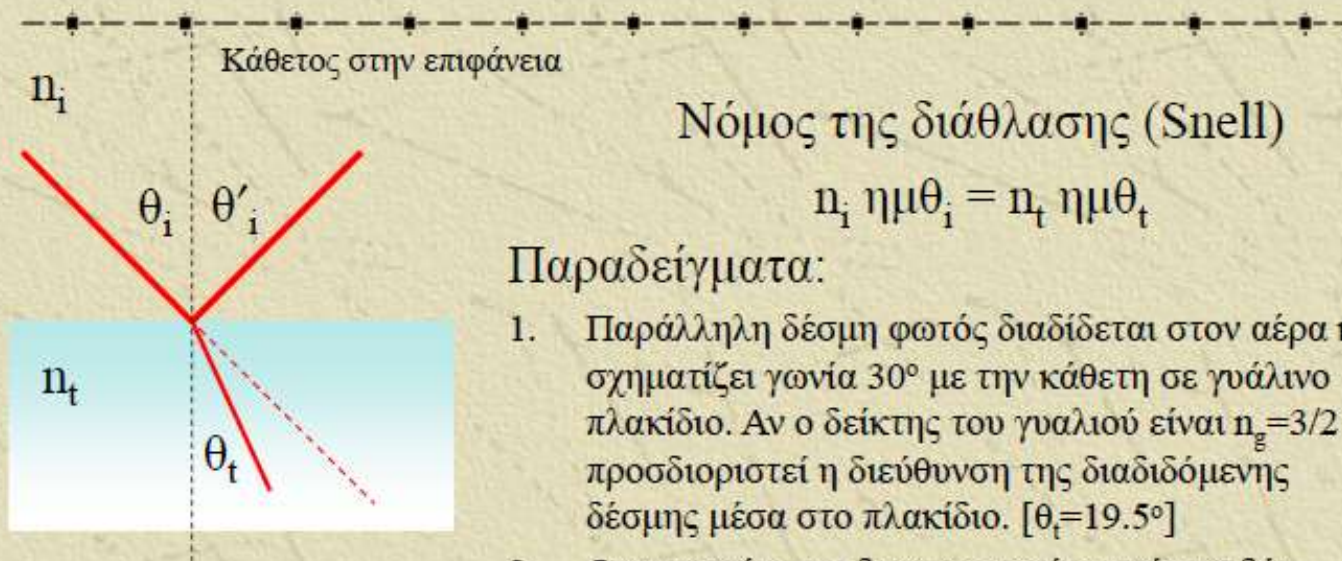
(μόνο αν το μέσο βάθος ανωμαλιών είναι σημαντικά μικρότερο από το λ θα έχουμε κατοπτρική ανάκλαση)

Μεταλλικές τραχιές επιφάνειες ανακλούν κατοπτρικά μικροκύματα ($\lambda \sim 0.5\text{cm}$) όχι όμως το ορατό φως

Επίσης θα πρέπει οι διαστάσεις του ανακλαστή να είναι σημαντικά μεγαλύτερες από το λ



ΑΝΑΚΛΑΣΗ και ΔΙΑΘΛΑΣΗ



Νόμος της διάθλασης (Snell)

$$n_i \eta \mu \theta_i = n_t \eta \mu \theta_t$$

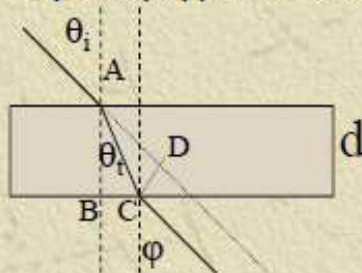
Παραδείγματα:

1. Παράλληλη δέσμη φωτός διαδίδεται στον αέρα και σχηματίζει γωνία 30° με την κάθετη σε γυάλινο πλακίδιο. Αν ο δείκτης του γυαλιού είναι $n_g=3/2$ να προσδιοριστεί η διεύθυνση της διαδιδόμενης δέσμης μέσα στο πλακίδιο. [$\theta_t=19.5^\circ$]
2. Φανταστείτε μια διαχωριστική επιφάνεια δύο περιοχών, μιας από γυαλί ($n_g=3/2$) και μιας από νερό ($n_w=1.33$). Μια ακτίνα που διαδίδεται μέσα στο γυαλί συναντά διαχωριστική επιφάνεια με γωνία 45° και διαθλάται μέσα στο νερό. Πόση είναι η γωνία διαθλάσεως; [$\theta_t=52.6^\circ$]

ΑΝΑΚΛΑΣΗ και ΔΙΑΘΛΑΣΗ

Παραδείγματα:

3. Ναδειχθεί ότι μια ακτίνα που πέφτει με γωνία θ_i σε ένα γυάλινο πλακίδιο, θα εξέλθει από αυτό με την ίδια γωνία. Να βρεθεί μια έκφραση για την παράλληλη μετατόπιση α της ακτίνας αν το πάχος του πλακιδίου είναι d .



$$n_a \eta\mu\theta_i = n_g \eta\mu\theta_t$$

$$n_g \eta\mu\theta_t = n_a \eta\mu\varphi$$

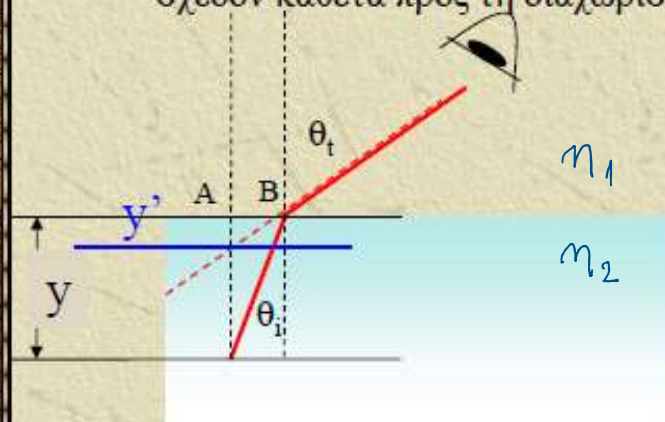
$$n_a \eta\mu\theta_i = n_g \eta\mu\theta_t = n_a \eta\mu\varphi \rightarrow \theta_i = \varphi$$

$$\widehat{CAD} = \theta_i - \theta_t \rightarrow \alpha = AC \eta\mu(\theta_i - \theta_t) = d \eta\mu(\theta_i - \theta_t) / (\sigma\upsilon\nu\theta_t)$$

ΑΝΑΚΛΑΣΗ και ΔΙΑΘΛΑΣΗ

Παραδείγματα:

4. Φανταστείτε ότι έχουμε δύο μέσα (με δείκτες διάθλασης n_1 και n_2) που χωρίζονται από μια επίπεδη επιφάνεια. Ένα αντικείμενο στο οπτικά πυκνότερο μέσο (n_2) βρίσκεται σε απόσταση y κάτω από τη διαχωριστική επιφάνεια. Ένας παρατηρητής που βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια θα δει το αντικείμενο να βρίσκεται σε απόσταση y' κάτω από αυτή. Να εκφραστεί το y' με το y και το δείκτη διάθλασης όταν η παρατήρηση γίνεται σχεδόν κάθετα προς τη διαχωριστική επιφάνεια.



$$n_2 \eta\mu\theta_i = n_1 \eta\mu\theta_t$$

$$AB = y \epsilon\phi\theta_i = y' \epsilon\phi\theta_t$$

$$n_2 \sigma\upsilon\nu\theta_i / y = n_1 \sigma\upsilon\nu\theta_t / y'$$

Για μικρές θ_i $\cos\theta_i \sim \cos\theta_t \sim 1$

$$y' = y n_1 / n_2$$

ΑΝΑΚΛΑΣΗ και ΔΙΑΘΛΑΣΗ

Παραδείγματα:

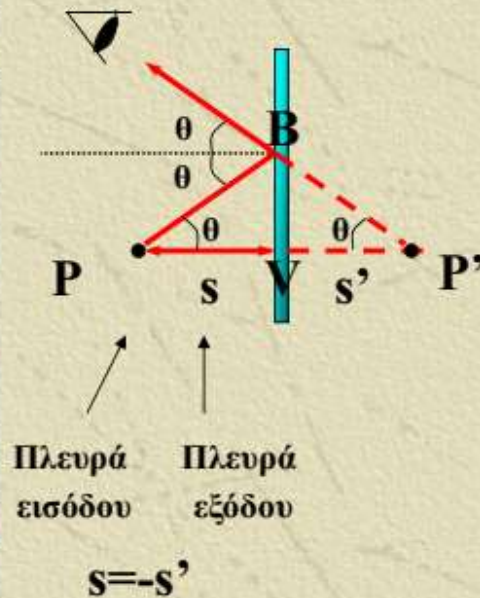
5. Ένα ψάρι φαίνεται ότι βρίσκεται 2m κάτω από την επιφάνεια μιας λίμνης, όταν ένας ψαράς το παρατηρεί σχεδόν κατακόρυφα από ψηλά. Ποιο είναι το πραγματικό βάθος στο οποίο βρίσκεται το ψάρι; [2.66m]

Οριακή γωνία

Σε περίπτωση που ο δείκτης διάθλασης n_1 του μέσου στο οποίο κινείται μια ακτίνα είναι μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο του υλικού n_2 που βρίσκεται πίσω από τη διαχωριστική επιφάνεια την οποία συναντά (εσωτερική ανάκλαση) δηλ. $n_1 > n_2$ υπάρχει μια τιμή για τη γωνία θ_1 (οριακή γωνία, θ_c) για την οποία η θ_2 γίνεται 90° . (Δηλ. διαθλώμενη ακτίνα παράλληλα προς την διεπιφάνεια ή η διαπερατότητα μηδενίζεται). Περαιτέρω αύξηση της θ_1 έχει σαν αποτέλεσμα να μην υπάρχει διαθλώμενη ακτίνα, το φως παραμένει στο μέσο στο οποίο αρχικά κινούνταν.

Γεωμετρική οπτική

Η έννοια του ειδώλου



s' : απόσταση ειδώλου

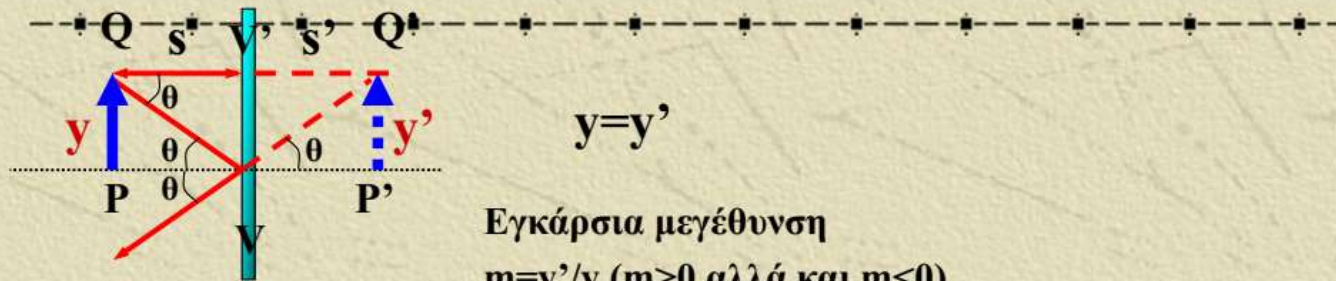
Φανταστικό είδωλο : οι εξερχόμενες ακτίνες από αυτό δεν είναι πραγματικές

Πραγματικό είδωλο : οι εξερχόμενες ακτίνες από αυτό είναι πραγματικές

Κανόνες προσήμων

1. Όταν το αντικείμενο βρίσκεται στην ίδια πλευρά της ανακλαστικής (ή διαθλαστικής) επιφάνειας με το προσπίπτων φως (πλευρά εισόδου), η απόσταση αντικειμένου s είναι θετική, διαφορετικά είναι αρνητική
2. Όταν το είδωλο βρίσκεται στην ίδια πλευρά της ανακλαστικής (ή διαθλαστικής) επιφάνειας με το εξερχόμενο φως (πλευρά εξόδου), η απόσταση ειδώλου s' είναι θετική, διαφορετικά είναι αρνητική

Γεωμετρική οπτική



Εγκάρσια μεγέθυνση

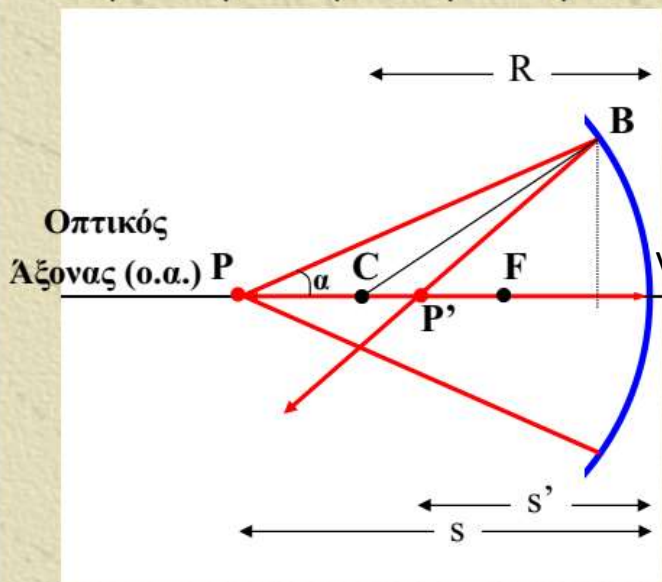
$m=y'/y$ ($m>0$ αλλά και $m<0$)

Ορθό είδωλο / αντεστραμμένο είδωλο : όταν τα
“βέλη” είναι ομόρροπα / αντίρροπα

Κατοπτρικά αντεστραμμένο είδωλο

Ανάκλαση από σφαιρική επιφάνεια

Με παραδοχή της παραξοντικής προσέγγισης



$$1/s + 1/s' = 2/R$$

Κανόνες προσήμων

3. Όταν το κέντρο καμπυλότητας C βρίσκεται από την ίδια πλευρά με το εξερχόμενο φως η ακτίνα καμπυλότητας είναι θετική, διαφορετικά είναι αρνητική.

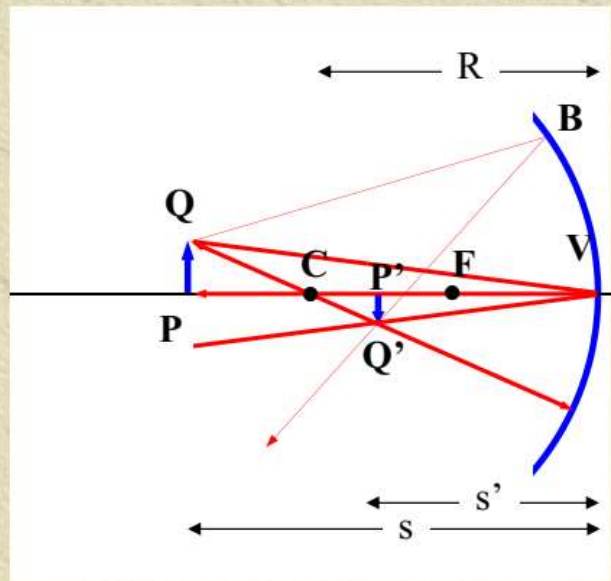
$$R \rightarrow \infty$$

$$\{s > 0, s' > 0, R > 0\} \text{ Μόνον όταν } s < f, s' < 0$$

Εστιακό σημείο F, εστιακή απόσταση: $f = R/2$

$$1/s + 1/s' = 1/f$$

Ανάκλαση από σφαιρική επιφάνεια



Είδωλο πραγματικό
κατοπτρικά αντεστραμμένο
Μεγεθυσμένο:
από τρίγωνα PVQ και P'VQ'

$$m = -s'/s$$

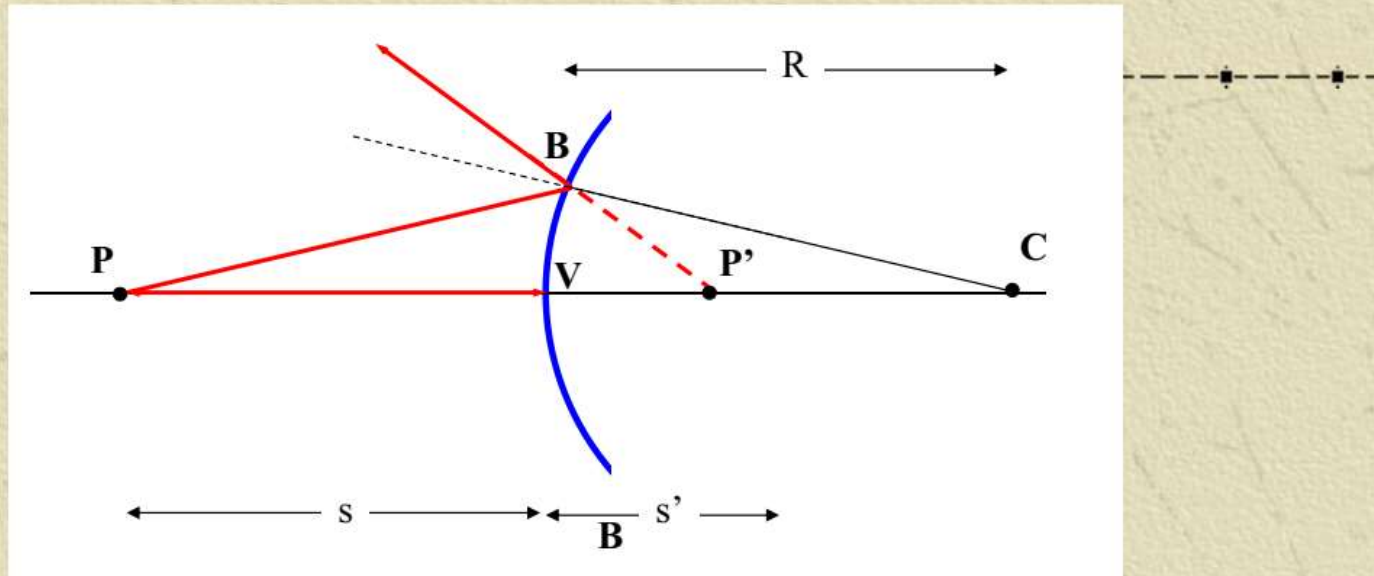
(Αντεστραμμένο)

Για τριδιάστατα αντικείμενα η
μεγέθυνση είναι διαφορετική κατά μήκος
του ο.α. με την αντίστοιχη σε εγκάρσια
διεύθυνση

$$\{s > 0, \text{ σχεδόν πάντα } s' > 0, R > 0\}$$

Μόνον όταν $s < f, s' < 0$

Ανάκλαση από σφαιρική επιφάνεια – κυρτά κάτοπτρα

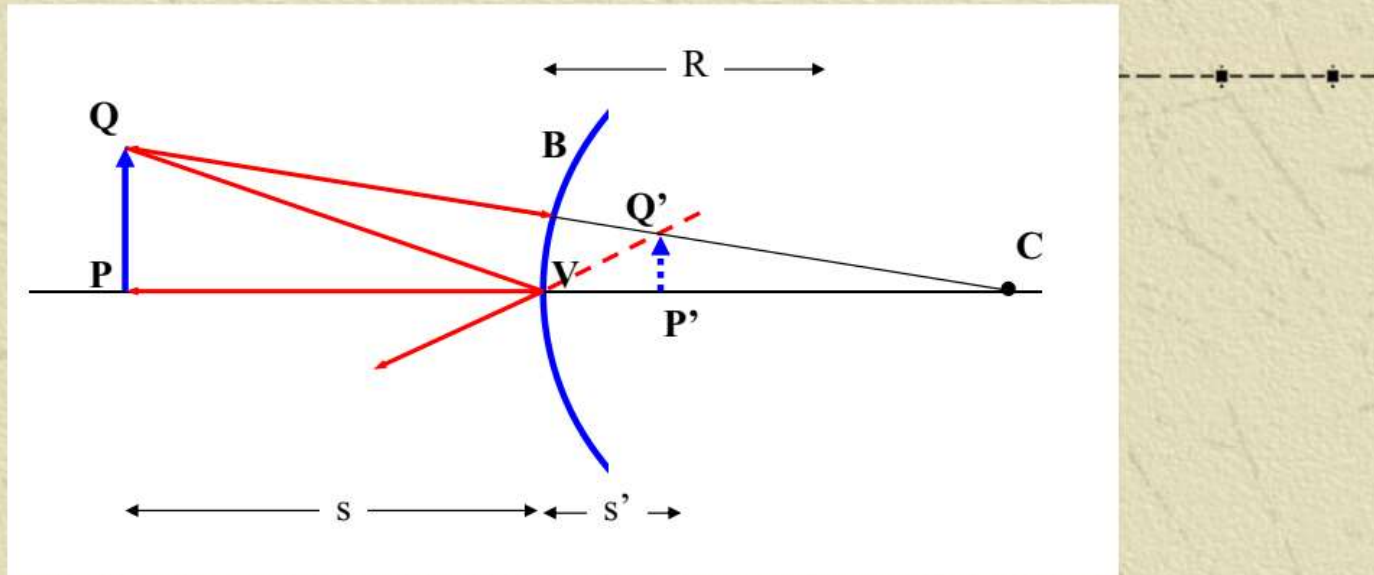


$$1/s + 1/s' = 2/R$$

$$f = R/2$$

$$\{s > 0, s' < 0, R < 0\}$$

Ανάκλαση από σφαιρική επιφάνεια – κυρτά κάτοπτρα



$$\{s > 0, s' < 0, R < 0\}$$

Είδωλο φανταστικό, κατοπτρικά αντεστραμμένο

Μεγεθυσμένο $m = -s'/s$

(ορθό)

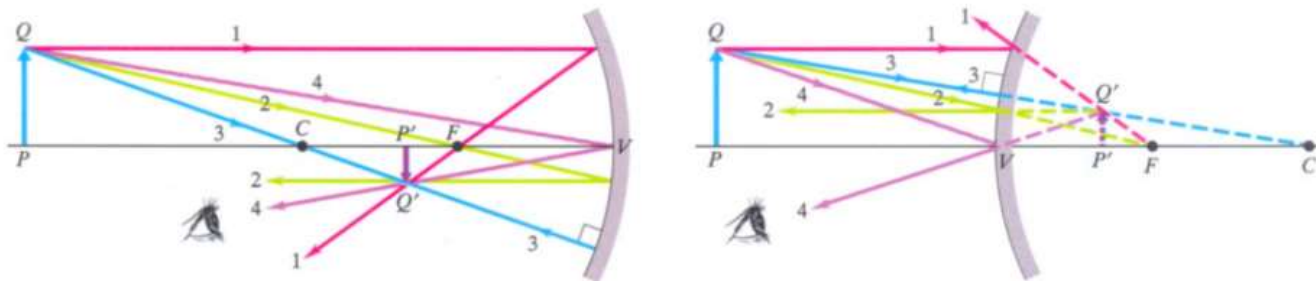
Κύριες ακτίνες

Μια ακτίνα παράλληλη προς τον άξονα διέρχεται μετά την ανάκλασή της από το εστιακό σημείο F ενός κοίλου κατόπτρου ή φαίνεται ότι προέρχεται από το (φανταστικό) εστιακό σημείο ενός κυρτού κατόπτρου

Μια ακτίνα διερχόμενη από το εστιακό σημείο F ανακλάται παράλληλα προς τον άξονα

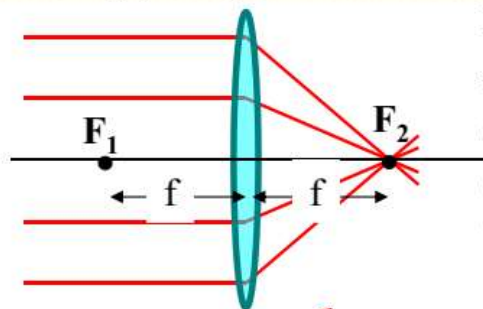
Μια ακτίνα διερχόμενη από το κέντρο καμπυλότητας C προσπίπτει κάθετα στην επιφάνεια και ανακλώμενη ακολουθεί την ίδια τροχιά

Μια ακτίνα που συναντά το κάτοπτρο στο σημείο V ανακλάται υπό γωνία (ως προς τον οπτικό άξονα) ίση με τη γωνία πρόσπτωσης



ΛΕΠΤΟΙ ΦΑΚΟΙ

Φακός: οπτικό σύστημα που περιλαμβάνει δύο διαθλαστικές επιφάνειες. Οι απλούστεροι φακοί περιλαμβάνουν δύο σφαιρικές επιφάνειες αρκετά κοντά η μια στην άλλη ώστε να μπορεί να αγνοηθεί η μεταξύ τους απόσταση → Λεπτός φακός

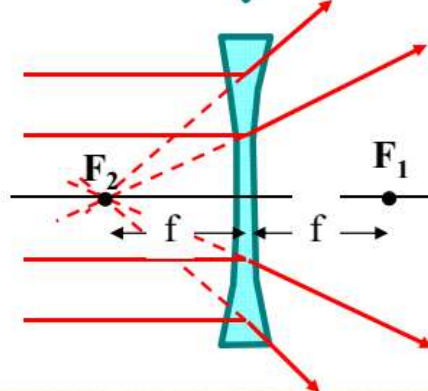


F_1, F_2 : εστιακά σημεία

f : εστιακή απόσταση

Οι δύο εστιακές αποστάσεις είναι πάντα ίσες ακόμα κι αν οι δύο επιφάνειες έχουν διαφορετικές καμπυλότητες

$$1/s + 1/s' = 1/f \quad m = -s'/s = y'/y$$



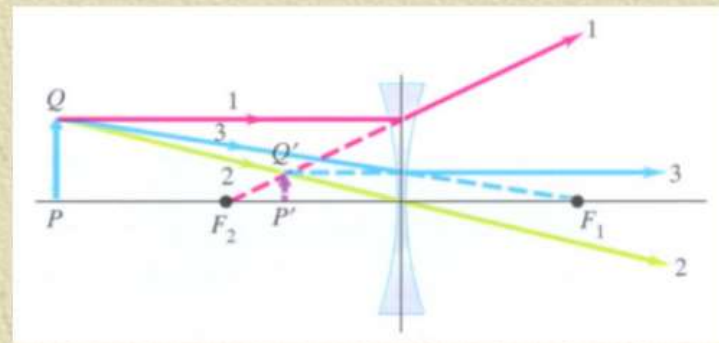
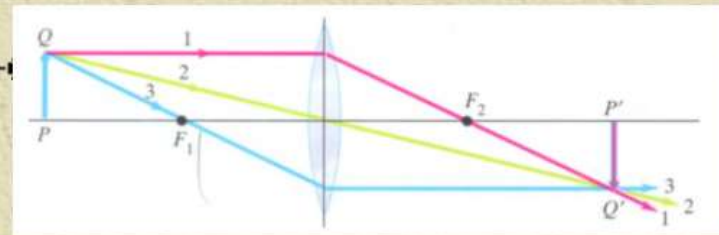
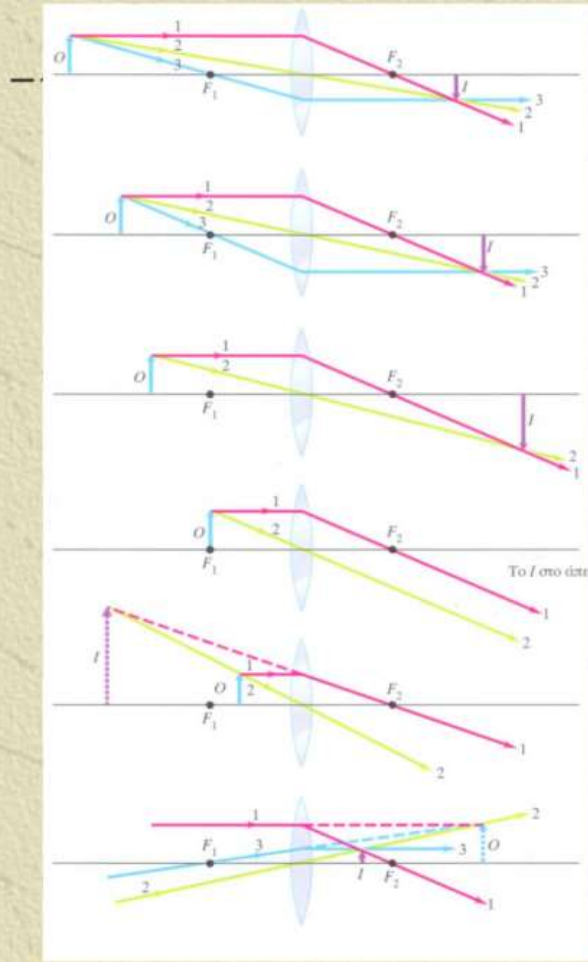
$$1/s + 1/s' = (n-1)(1/R_1 - 1/R_2) \leftarrow \text{εξίσωση του κατασκευαστή}$$

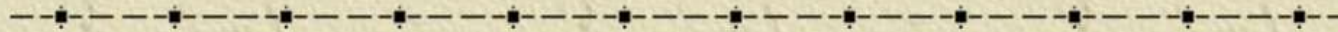
Συγκλίνων φακός $f > 0$ (θετικός φακός), είδωλο πραγματικό

Αποκλίνων φακός $f < 0$ (αρνητικός φακός), είδωλο φανταστικό

Στους αποκλίνοντες φακούς τα εστιακά σημεία έχουν αντίστροφη διάταξη από εκείνα ενός συγκλίνοντα φακού

Κύριες ακτίνες





Αντικείμενο το οποίο βρίσκεται σε απόσταση 4 m από φακό έχει είδωλο στα 8 cm πίσω από αυτόν. Η διάσταση του ειδώλου είναι 3 cm. Ποια η εστιακή απόσταση του φακού και ποιο το μέγεθος του αντικειμένου;

Δύο λεπτοί φακοί σε σειρά & Σφάλματα φακών

$$\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F}$$

Σφάλματα Φακών

Χρωματικό σφάλμα

επειδή η εστιακή απόσταση ενός φακού εξαρτάται από το δείκτη διάθλασης του υλικού από το οποίο είναι φτιαγμένος ο οποίος εξαρτάται από το μήκος κύματος του φωτός, τα διαφορετικά χρώματα του λευκού φωτός εστιάζονται σε διαφορετικά σημεία

Σφαιρική εκτροπή

Ακτίνες που προσπίπτουν στα άκρα του φακού εστιάζονται σε διαφορετικά σημεία από ότι αυτές που προσπίπτουν στα κεντρικά σημεία του φακού

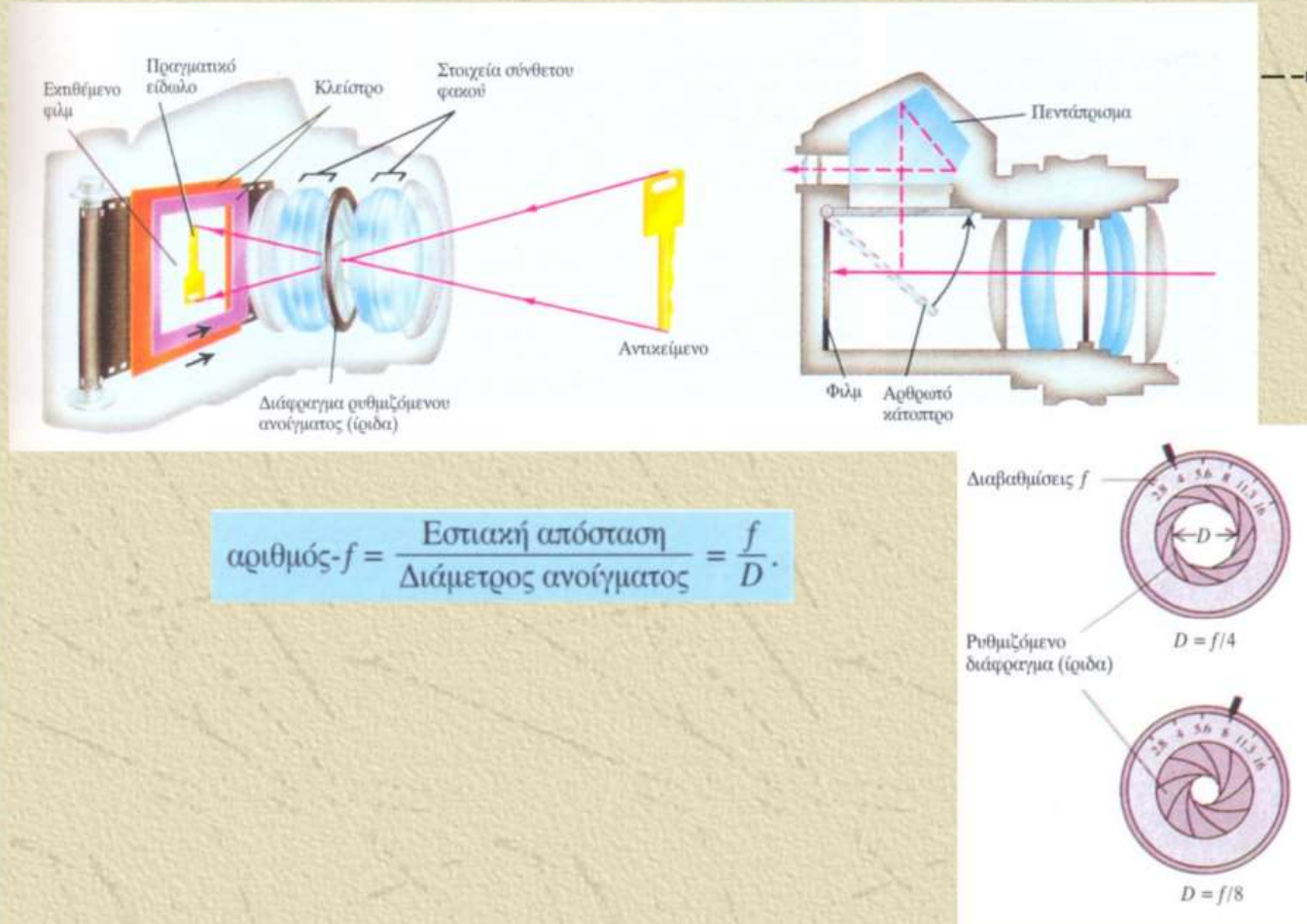
Αστιγματική εκτροπή

Προέρχεται από ακτίνες οι οποίες ξεκινούν από σημεία του αντικειμένου που βρίσκονται μακριά από τον κύριο άξονα

Σφάλμα καμπύλωσης

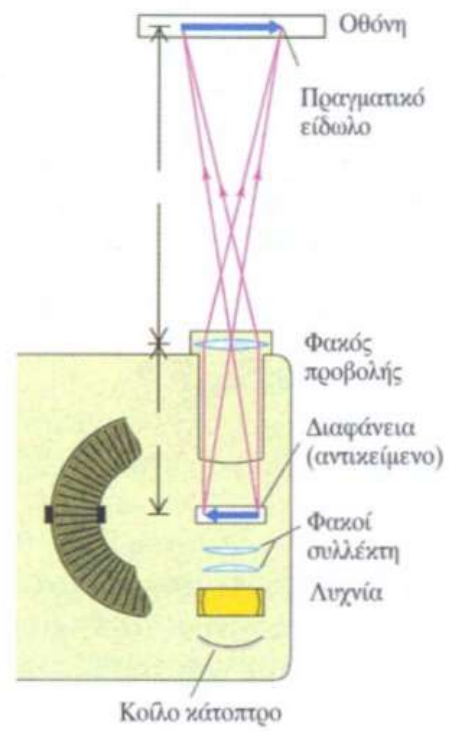
Το είδωλο επίπεδου αντικειμένου κάθετου στον κύριο άξονα δεν είναι επίπεδο. Παρουσιάζει καμπύλωση και επομένως προβολή του ειδώλου σε επίπεδη επιφάνεια είναι ασαφής

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ

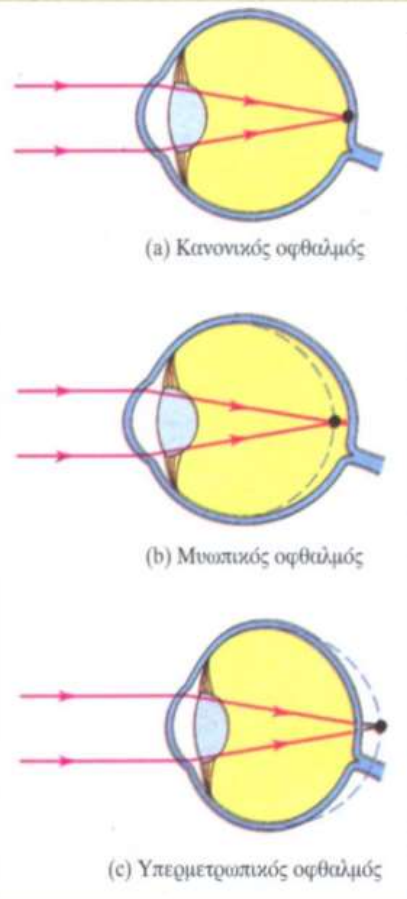


$$\text{αριθμός-}f = \frac{\text{Εστιακή απόσταση}}{\text{Διάμετρος ανοίγματος}} = \frac{f}{D}$$

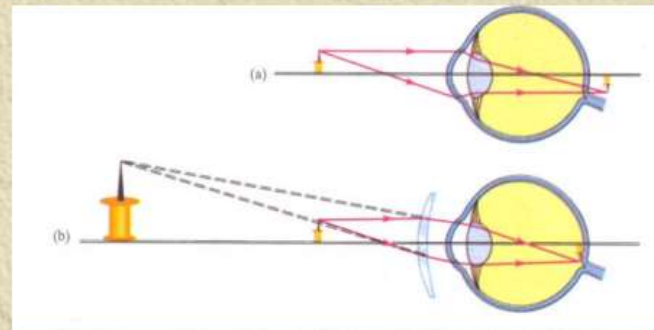
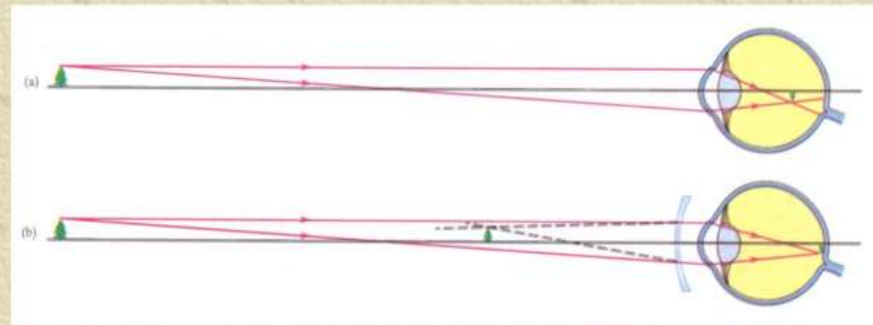
ΠΡΟΒΟΛΕΑΣ ΔΙΑΦΑΝΕΙΩΝ



ΟΦΘΑΛΜΟΣ

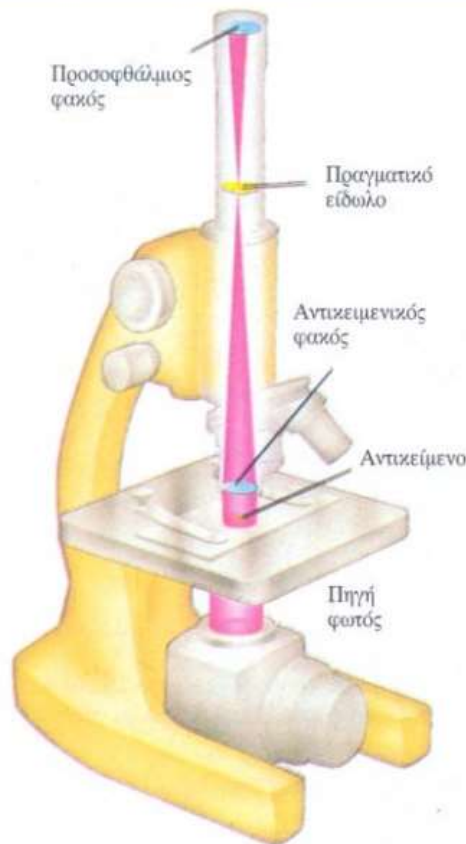


Διόρθωση μυωπίας / υπερμετροπίας



ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ

Ολική Μεγέθυνση = Μεγέθυνση αντικειμενικού x μεγέθυνση προσοφθάλμιου



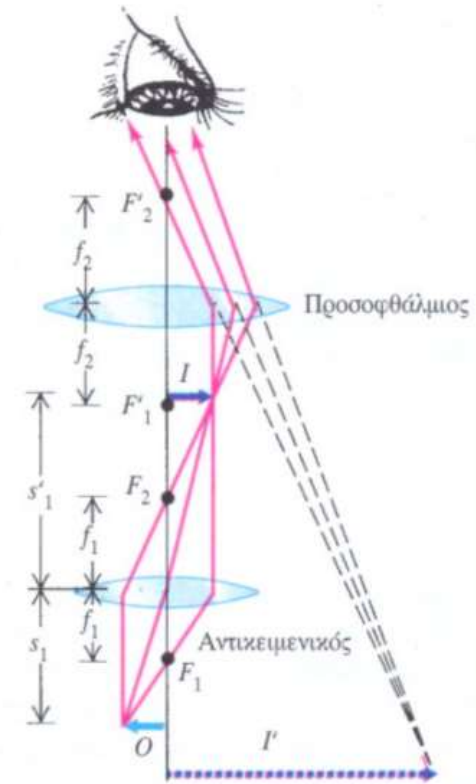
$$M = m_1 M_2$$

Σε απόλυτη τιμή

$$m_1 = -s_1' / s_1$$

$$M_2 = 25\text{cm} / f_2$$

$$M \approx 25s_1' / f_1 f_2$$



ΦΩΣ – ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ →

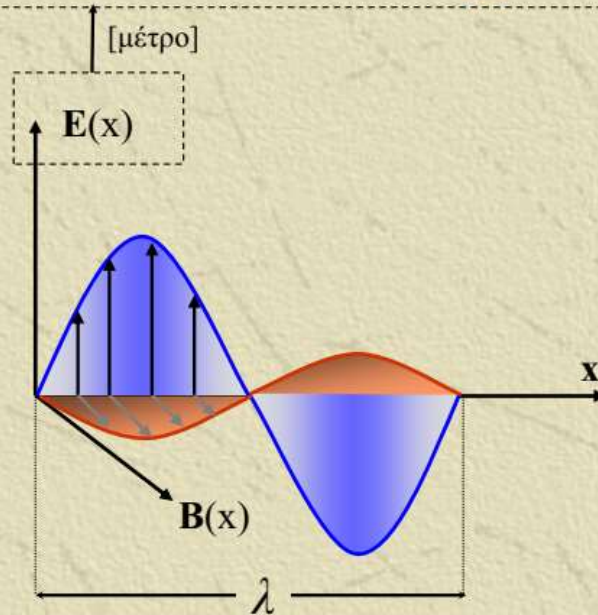
Κύμα

Ηλεκτρικό πεδίο

Μαγνητικό πεδίο

[ταξιδεύουν στο κενό και όλα με την ίδια ταχύτητα, είναι εγκάρσια]

$$E(x,t) = E_0 \cos(kx - \omega t) = E_0 \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}x - 2\pi ft\right)$$

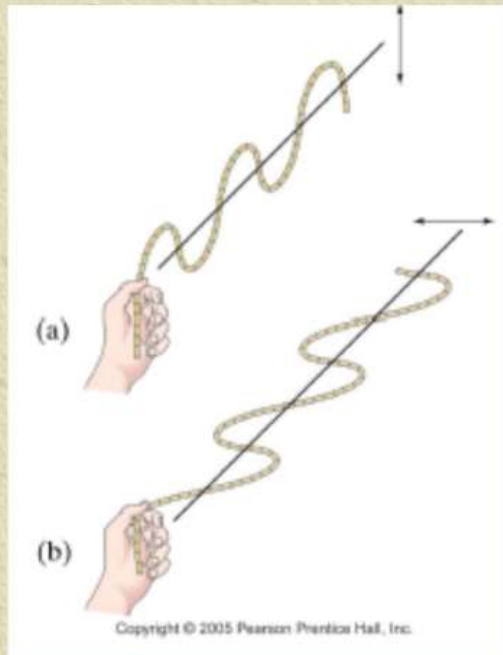


Βασικά χαρακτηριστικά της Η/Μ ακτινοβολίας

- ✦ Μήκος κύματος λ (nm)
- ✦ Συχνότητα f (THz)
- $c = \lambda f = 300000\text{Km/s}$
- ✦ Ένταση $I \sim E^2$ (W/m^2)
- ✦ Πόλωση

ΠΟΛΩΣΗ ΦΩΤΟΣ

Το φως λέμε πως είναι γραμμικά πολωμένο ή απλά πολωμένο όταν η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου ταλαντώνεται σε ένα μόνο επίπεδο και όχι σε οποιαδήποτε διεύθυνση κάθετη στη διεύθυνση διάδοσης

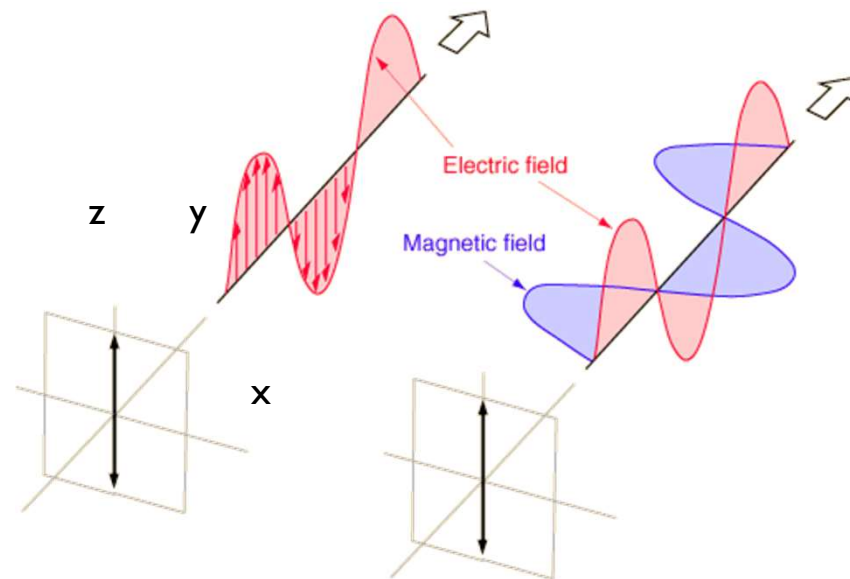


Το ΦΥΣΙΚΟ φως δεν είναι πολωμένο
Για ένα γραμμικά πολωμένο φως
πρέπει πάντα να δηλώνουμε το
επίπεδο πόλωσής του

Εκτός από μη πολωμένο και γραμμικά
πολωμένο φως υπάρχει και φως
κυκλικά ή ελλειπτικά πολωμένο. Στην
περίπτωση αυτή η πλήρης περιγραφή
της πόλωσης περιλαμβάνει εκτός των
άλλων και τον προσδιορισμό
δεξιόστροφη ή αριστερόστροφη

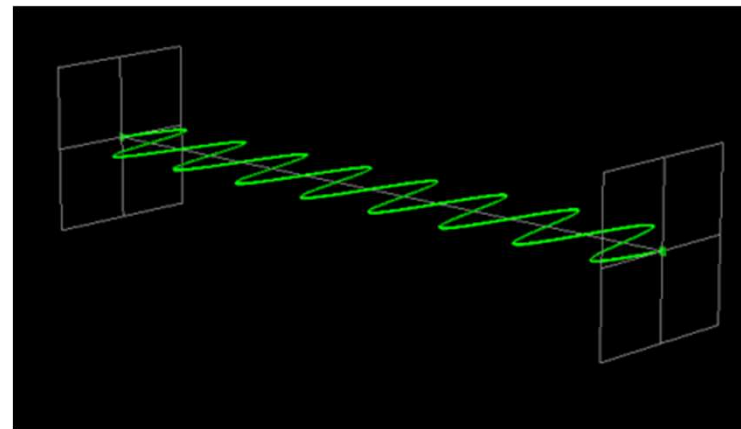
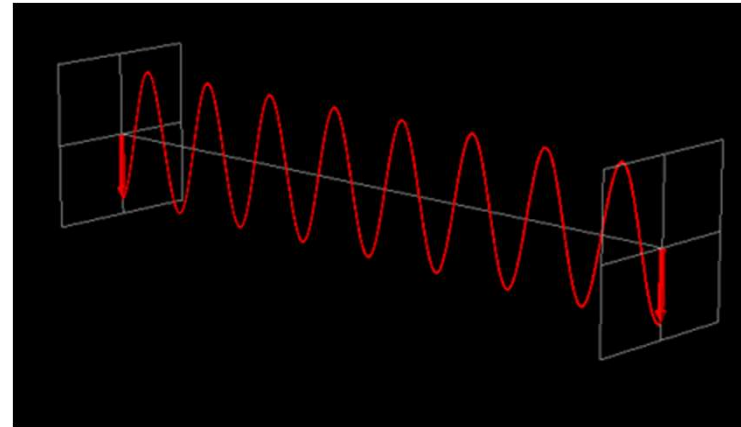
Φως γραμμικά πολωμένο

Η ταλάντωση του ηλεκτρικού πεδίου \mathbf{E} πραγματοποιείται σε ένα ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΟ επίπεδο (π.χ. yz). Το φως χαρακτηρίζεται ως γραμμικά πολωμένο με επίπεδο πόλωσης το επίπεδο yz



Polarized Light

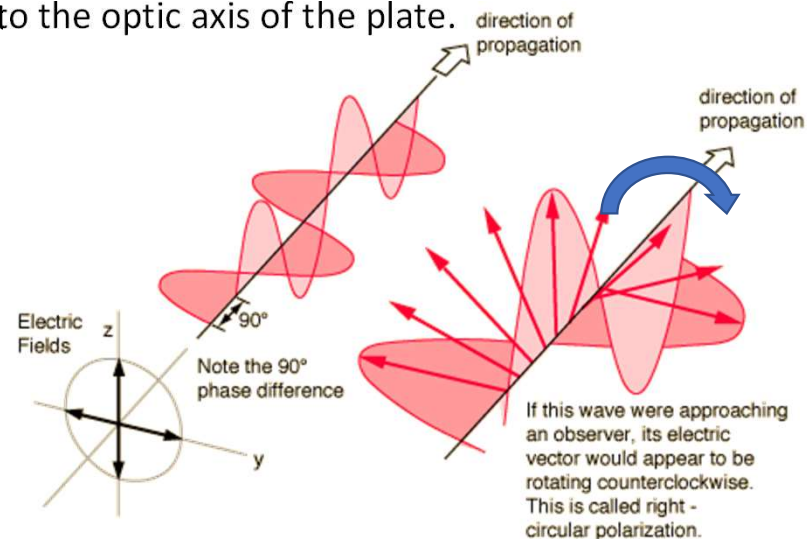
- Light with oscillations confined to a single plane.
- Top: vertically polarized light
- Bottom: horizontally polarized light



Videos throughout notes from <http://www.photophysics.com/polarization.php>

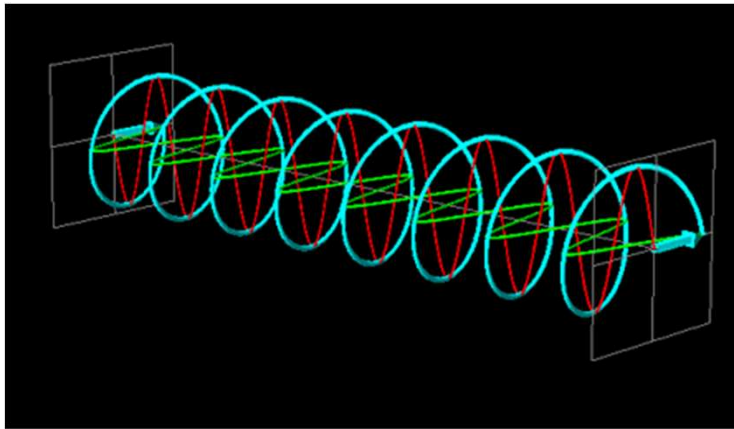
Φως κυκλικά πολωμένο

- Circularly polarized light consists of two perpendicular electromagnetic plane waves of equal amplitude and 90° difference in phase. The light illustrated is right- circularly polarized.
- Circularly polarized light may be produced by passing [linearly polarized](#) light through a [quarter-wave plate](#) at an angle of 45° to the optic axis of the plate.



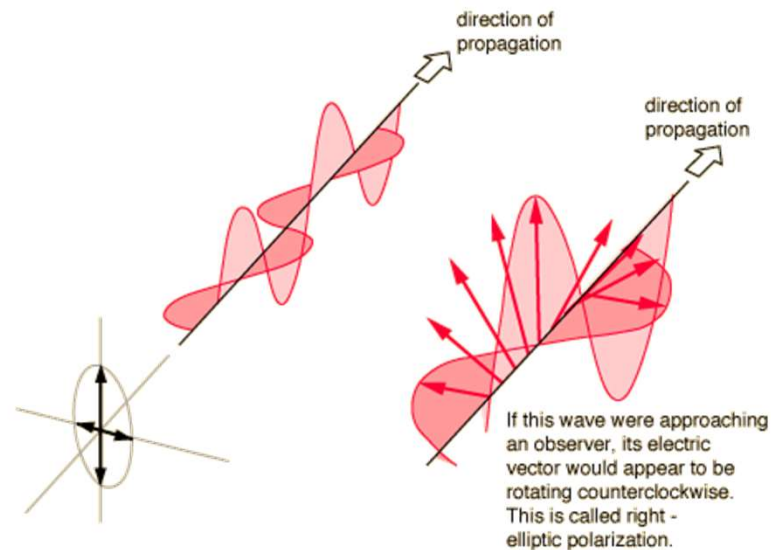
Circularly Polarized Light

- Sum of vertically and horizontally plane-polarized light in which the phases differ by a quarter wave



Φως ελλειπτικά πολωμένο

- Elliptically polarized light consists of two perpendicular waves of **unequal** amplitude which differ in phase by 90° . The illustration shows right-elliptically polarized light.



ΠΟΛΩΣΗ ΦΩΤΟΣ

Υπάρχουν οπτικά μέσα τα οποία μας επιτρέπουν να "παίζουμε" με την πόλωση του φωτός

Πολωτικά φίλτρα ή πολωτές

Πλακίδια καθυστέρησης φάσης $\lambda/2$

Πλακίδια καθυστέρησης φάσης $\lambda/4$

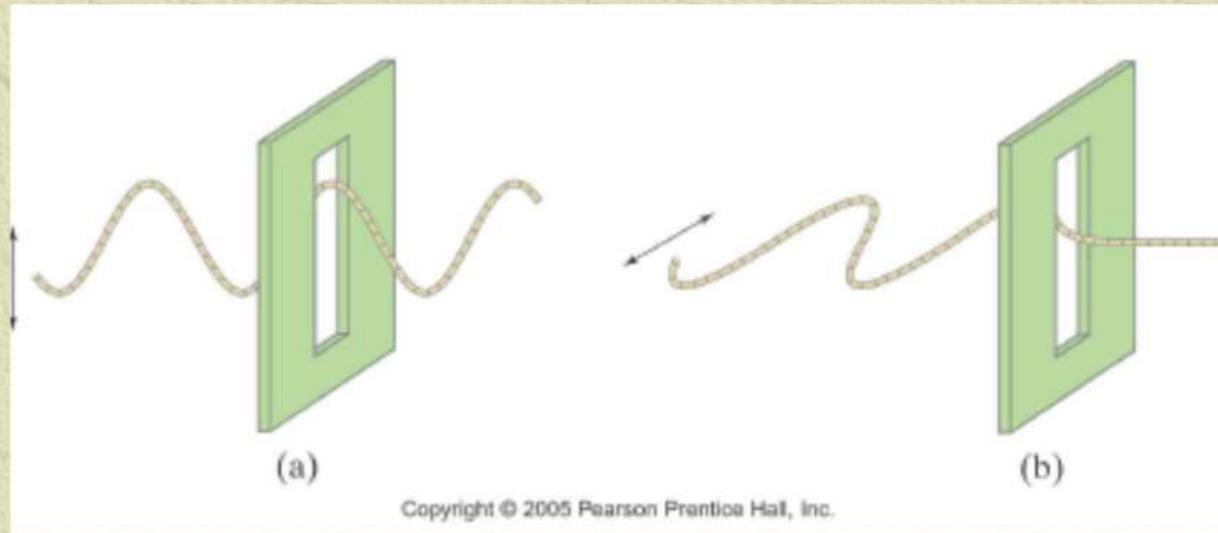
Soleil Babinet

κλπ

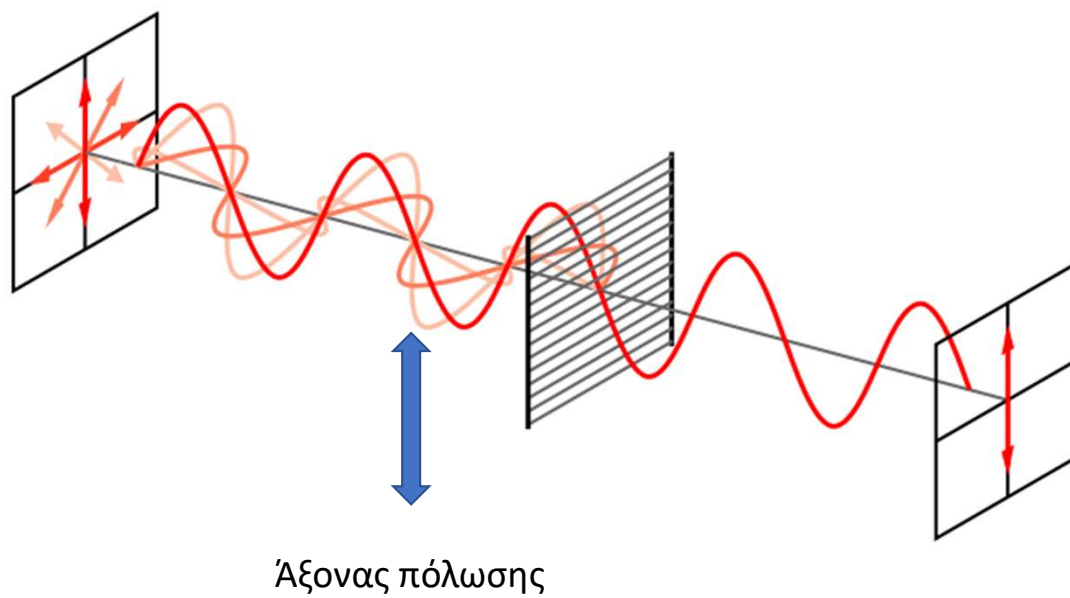
ΠΟΛΩΣΗ ΦΩΤΟΣ

Πολωτικά φίλτρα

Διαθέτουν άξονα πόλωσης. Φως πολωμένο σε επίπεδο κάθετο στον άξονα πόλωσης του φίλτρου δε διαπερνά το φίλτρο



Πολωτές



ΠΟΛΩΣΗ ΦΩΤΟΣ

ΕΝΤΑΣΗ ΦΩΤΟΣ, I

Ονομάζουμε την ενέργεια της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που διαπερνά τη μονάδα της επιφάνειας στη μονάδα του χρόνου

$$I = \epsilon_0 c E^2$$

Μονάδες : $\frac{J}{s m^2}$

ΠΟΛΩΣΗ ΦΩΤΟΣ

Πολωτικά φίλτρα

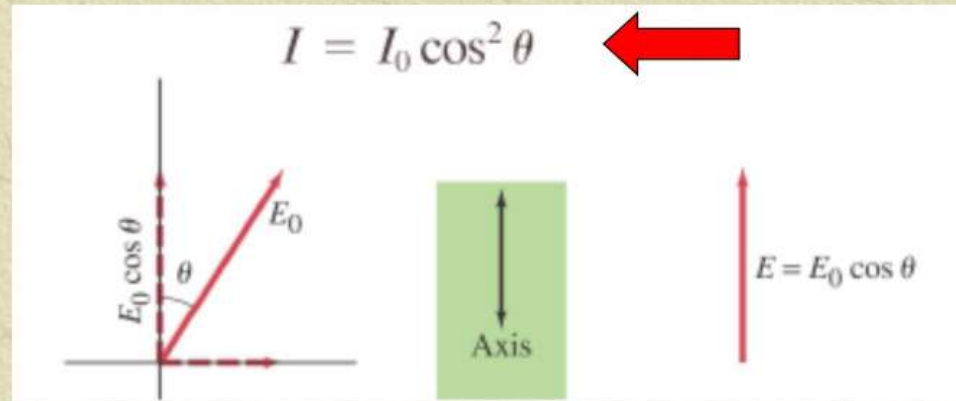
Όταν φυσικό φως με ένταση I_0 προσπέσει σε πολωτικό φίλτρο τότε πίσω από το φίλτρο το φως θα είναι γραμμικά πολωμένο με επίπεδο πόλωσης παράλληλα στον άξονα πόλωσης του φίλτρου και ένταση

$$I = I_0 / 2$$

ΠΟΛΩΣΗ ΦΩΤΟΣ

Πολωτικά φίλτρα

Το φίλτρο διαπερνά μόνο η συνιστώσα της πόλωσης του προσπίπτοντος φωτός στη διεύθυνση του άξονα πόλωσης του φίλτρου



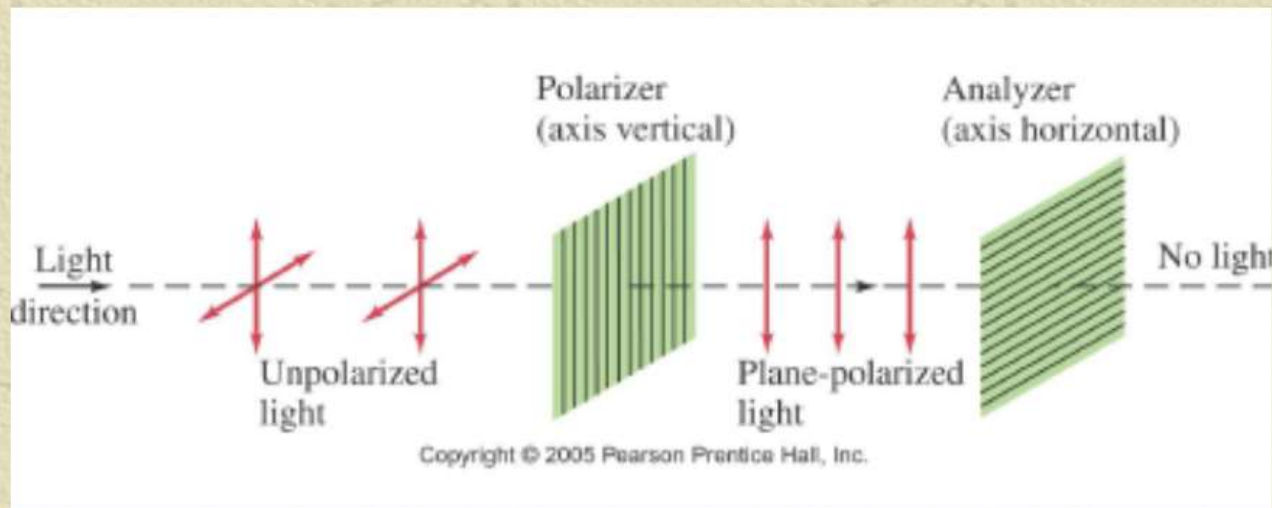
Γραμμικά πολωμένο Άξονας φίλτρου
φως με επίπεδο σε κάθετη
πόλωσης σε γωνία διεύθυνση
 θ (κατακ.)

Πεδίο το οποίο
διαπερνά το
φίλτρο

ΠΟΛΩΣΗ ΦΩΤΟΣ

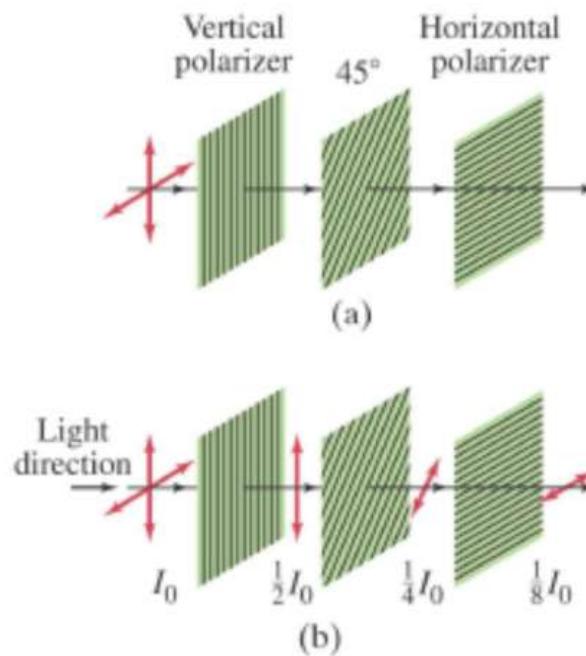
Αν διαθέτουμε ζευγάρι δύο πολωτών τότε συμβατικά τον πρώτο ονομάζουμε πολωτή και τον δεύτερο αναλυτή.

Αν οι άξονες πόλωσης των δύο πολωτών τοποθετηθούν κάθετα τότε πίσω από τον αναλυτή δε θα διέρχεται φως (cross polarization)



ΠΟΛΩΣΗ ΦΩΤΟΣ

Τι θα γίνει αν ανάμεσα από δύο πολωτές σε θέση cross τοποθετήσουμε έναν τρίτο πολωτή με τον άξονα πόλωσης του να σχηματίζει γωνία 45° με τους άξονες των άλλων δύο;



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

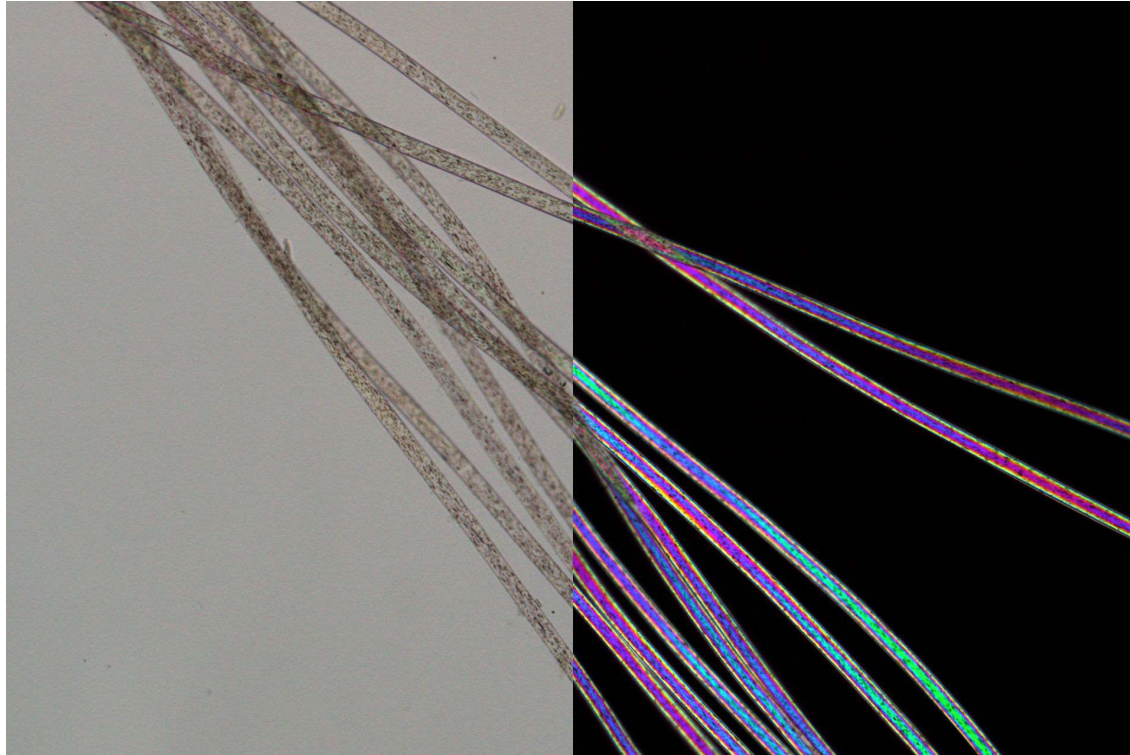
Εφαρμογή για
γωνία 30°

Microscope images

Cross polarizers

vs

Parallel (or no) polarizers

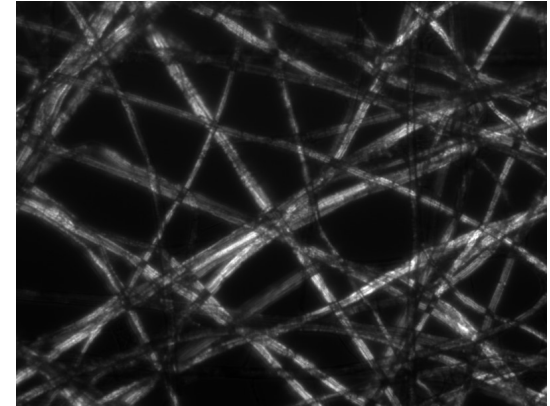


Left: Nylon fibers imaged with parallel polarizers. Right: Same nylon fibers imaged with crossed polarizers show typical higher order birefringence colors. Images recorded with a DM4 P microscope using transmitted light, 20x Plan Fluotar objective, and polarizers.

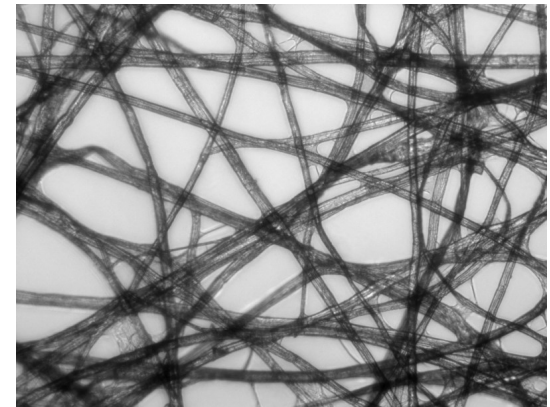
<https://www.leica-microsystems.com/science-lab/galleries/polarizing-microscope-image-gallery/>

Polarizing microscope

Cross-polarized light illumination, sample contrast comes from rotation of polarized light through the sample



Bright field illumination, sample contrast comes from absorbance of light in the sample

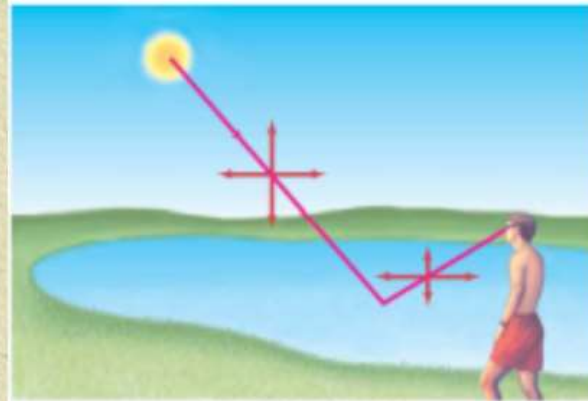


Γυαλιά polaroid

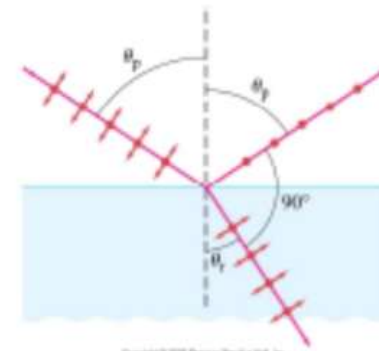


ΠΟΛΩΣΗ ΦΩΤΟΣ

Πολωμένο φως μπορούμε να πάρουμε έπειτα από ανάκλαση σε μη μεταλλική επιφάνεια σε μια συγκεκριμένη γωνία που ονομάζεται γωνία Brewster.

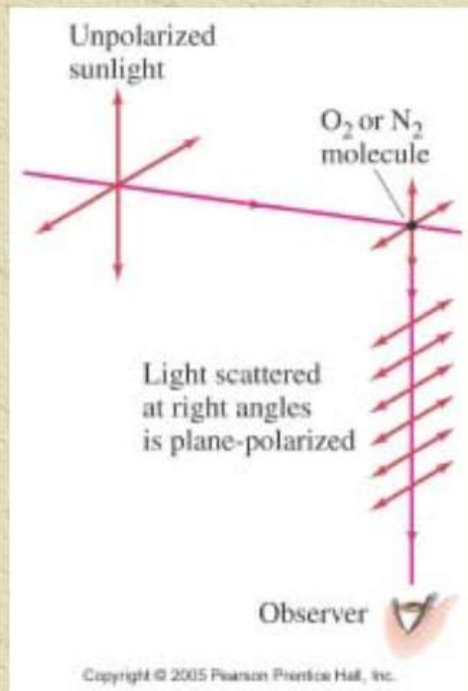


$$\tan \theta_p = \frac{n_2}{n_1}$$



ΠΟΛΩΣΗ ΦΩΤΟΣ

Πολωμένο φως μπορούμε να πάρουμε έπειτα από σκέδαση του φωτός.



Το φως του ουρανού είναι μερικώς πολωμένο εξαιτίας της σκέδασης του φωτός από μόρια του αέρα.

Το ποσοστό πόλωσης εξαρτάται από τη γωνία που σχηματίζουν οι ακτίνες του ήλιου με τη διεύθυνση παρατήρησης

ΣΚΕΔΑΣΗ

Νόμος Rayleigh: I_s ανάλογη του $1/\lambda^4$

Κόκκινο 700nm

Ιώδες 400nm

$$I_{s[\text{violet}]} / I_{s[\text{red}]} = 9.4$$

- (α) Βρείτε τη γωνία από το μάτι κάθε παρατηρητή που βρίσκεται στα σημειωμένα στον καθρέπτη είδηλα των αντικειμένων που κινούνται.
- (β) Βρείτε ότι ο λόγος της γωνίας που βγαίνει στο είδηλα του ψηλότερου αντικειμένου από τον πλησιέστερο στον καθρέπτη παρατηρητή, προς τη γωνία που βγαίνει στο είδηλα του πιο κοντού αντικειμένου από τον πιο απομακρυσμένο στον καθρέπτη παρατηρητή, είναι ο ίδιος με τον λόγο των υψών των αντικειμένων.
- (γ) Δείξτε επίσης ότι, αν η απόσταση των παρατηρητών από τον καθρέπτη είναι αρκετά μεγαλύτερη από τα ύψη των αντικειμένων, ο λόγος που ζητείται στο (β) είναι ανεξάρτητος από τη θέση των παρατηρητών.

6. Μια ακτινή φωτός προσπίπτει από το εστιακό μέρος στην πλευρική επιφάνεια ενός ορθογώνιου επιπέδου με γωνία τοξομάτα, σχηματίζοντας γωνία 30° με την κάθετη σε αυτήν, όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα.
- (α) Τι γωνία σχηματίζει η διαθλωμένη ακτινή μέσα στο γυάλινο με την κάθετη στην επιφάνεια, δεδομένου ότι ο δείκτης διάθλασης για το γυάλινο είναι 1,55.
- (β) Τι γωνία με την κάθετη στην επιφάνεια σχηματίζει η ακτινή μέσα στο νερό.
- (γ) Εάν τα σώμα, του γυάλινου τοξομάτου είναι 3 mm, πόσο μετατοπισμένη είναι η ελαγχόμενη από το γυάλινο ακτινή που υπέρχεται τελικά στο νερό, σε σχέση με το σημείο που θα ελαγχόταν αν ελαγχότανόταν να διαθλούσε στη διεύθυνση της πρόσπτωσης χωρίς να διαθλούσε μέσα στο γυάλινο.



7. Εισαγόμενη μια πλάκα από υαλο με πάχος διαθλώσεως 1,5 και σταθερής διατομής πάχος $l = 2$ cm σε ύψη την εστιακή της. Ακτινή φωτός προσπίπτει στην πλάκα με γωνία θ ως προς την κάθετη στις παράλληλες επιφάνειες της. Δείξτε ότι η ακτινή φωτός εξέρχεται από την πλάκα σε διεύθυνση παράλληλη με αυτή της προσπίπτουσας σχηματίζοντας την ίδια γωνία θ με την κάθετη. Αν $\theta = 30^\circ$, υπολογίστε τη μετατόπιση (κάθετη απόσταση) της εξέρχουσας ακτινής από τη διεύθυνση πρόσπτωσης της.

8. Εάν στο προηγούμενο πρόβλημα η προσπίπτουσα ακτινοβολία έχει συχνότητα 88,3 MHz, υπολογίστε την ταχύτητα του φωτός μέσα στην πλάκα, το

μήκος κύματος της ακτινοβολίας στην αέρα και στην πλάκα και τον χρόνο που χρειάζεται το κύμα για να διατρέξει την πλάκα.

9. Το εστιακό μέρος μιας φακωτικής μηχανής που κινείται για να βάλει μεγεθωμένη το όραμα του κάτοπτρου είναι 2 cm, πόσο κοντά πρέπει να βρίσκεται σε ένα όρθιο άτομο το είδηλα του όραμα να είναι τραπέζιο σε μέγεθος; Το σχηματιζόμενο είδηλα θα είναι όρθιο ή αντεστραμμένο, πραγματικό ή φανταστικό.

10. Ένα αντικείμενο ύψους 3,5 cm τοποθετείται 20 cm μακριά από ένα κοίλο κάτοπτρο έτσι ώστε να σχηματίζεται ένα πραγματικό του είδηλο ύψους 7 cm. Σε ποιά απόσταση από το κέντρο σχηματίζεται αυτό το είδηλο; Είναι όρθιο ή αντεστραμμένο; Ποιά είναι η ηγετική κημιολόγηση, του κάτοπτρου;

11. Ένα κοίλο κάτοπτρο ημισφαιρικό 0,25 m και ηγετικής κημιολόγησης 2 m, τοποθετείται ψηλά από το ξορό ενός καταστήματος ως καθρέπτης ασφαλείας. Πόσο θα είναι το ύψος του είδηλου που σχηματίζεται σε αυτό του καθρέπτη ενός παιδιού που στέκεται σε απόσταση 5 m από αυτόν και έχει ύψος 1,5 m; Θα φαίνεται σε αυτόν το παιδί να είναι το ύψος του ή η εκκίνηση των ποσοτήτων του σχηματίζεται στο κατώτερο μέρος του καθρέπτη.

12. Ένα κοίλο καθρέπτη ημισφαιρικό ημισφαιρικό τοξομάτης 25 cm. Πόσο κοντά στο καθρέπτη πρέπει να φέρει μια γυνίκα τη μητή της έτσι να φαίνεται 3 φορές μεγεθωμένη. Συναράστε τη απαιτητή σας και με ένα διαγράμμα τραβήξτε η ακτινών.

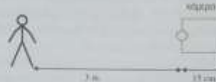
13. Ένα νόμισμα τοποθετείται σε απόσταση 3 cm από ένα κοίλο κάτοπτρο ακτινής κημιολόγησης 15 cm. Περιγράψτε το είδηλο που σχηματίζεται βρισκόμενος τη θέση του, τη μεγέθυνση του και αν είναι όρθιο ή αντεστραμμένο, πραγματικό ή φανταστικό.

14. Στο αλάνο καθρέπτη ενός αυτοκινήτου, το οποίο είναι ένα κοίλο κάτοπτρο με ακτινή κημιολόγησης 150 cm, σχηματίζεται το είδηλο ενός άλλου αυτοκινήτου που ακολουθεί σε απόσταση 10 m. Πρότε πως σχηματίζεται το είδηλο, τη μεγέθυνση του και αν είναι όρθιο ή αντεστραμμένο, πραγματικό ή φανταστικό.

15. Στο πώμινο μιας μεγάλης πύλης βάθος 2,5 m έχει τοποθετηθεί, για να φωτίζει την κεντρική της, ένας μικρός αλλά αρκετά φωτεινός προβολέας. Δείξτε ότι ένας παρατηρητής έλα από την πίσω θα βάλει φωτισμένη μια περιοχή της επιφάνειας της που αντιστοιχεί σε ένα κωνικό όραμα και βρείτε την ακτινή του.

τοποθετείται στο οπισθιακό του κοίτου, ότι φως που εισέρχεται από την πολύ μικρή ήρση είναι σφαιρικό αλλά διατεταγμένο ή λεπτό και η απόσταση της εικόνας μπορεί να είναι υπέρχρη.

4. Μια ημισφαιρική φωτογραφική μηχανή, σαν αυτή που περιγράφεται στο Πρόβλημα 3, έχει προσχετισμένο έναν φακό στη μικρή ήρση και η απόσταση από τον κοίτο, όπου τοποθετείται το φακό, βρίσκεται σε απόσταση (βήθος κώνου) 15 cm. Θεωρήστε ότι ο φακός της κώνου είναι σχεδισμένος έτσι ώστε η καλύτερη φωτογράφιση εκπαικνόμενα να γίνεται όταν αυτά βρισκόμενα σε απόσταση 3 m από την κώνου. Ποιά είναι η εστιακή απόσταση του φακού;



5. Ημε φωτογραφική μηχανή έχει έναν φακό σε φυσιολόγημη θέση. Το βήθος της φωτογραφικής μηχανής (βλ. Πρόβλημα 4) είναι $d = 4$ cm. Υπολογίστε την εστιακή απόσταση του φακού και πόσο θα πρέπει να μπορεί να προεκκινείται από την κώνου, z , ώστε η φωτογραφική μηχανή να μπορεί να βγάλει καθαρές φωτογραφίες αντικειμένων που βρισκόμενα σε αποστάσεις από 50 cm έως το άπειρο (βλ. σχήμα).



6. Σε μια φωτογραφική μηχανή παρόμοια με αυτή του Προβλήματος 5, ο φακός έχει εστιακή απόσταση 35 mm και η αρχική του θέση είναι τέτοια ώστε να εστιακή αντικείμενα που βρισκόμενα σε άπειρη απόσταση. Πόσο θα πρέπει να μετακινήθει ο φακός από αυτή τη θέση ώστε η φωτογραφική μηχανή να βγάλει καθαρές φωτογραφίες αντικειμένων σε απόσταση 3 m από αυτήν.

7. Υποθέστε ότι η κώνου ενός όρατος που κώνου σε ένα τριβύλι Ρετι (μυο γυάλινο ή πλαστικό κώνου) της, ένας μικρός αλλά αρκετά φωτεινός προβολέας με υψό προβάλλεται σε μια οδών. Η απόσταση από το τριβύλι στον φακό είναι 36 cm και ο οδών βρισκόμενα σε απόσταση 4,5 m από το κάτοπτρο και τον φακό. (το κάτοπτρο αλλά ανακαταβλόμενα τα φως από την φακό στην οδών.

Θεωρήστε πάλι την απόσταση μεταξύ φακού και κάτοπτρου. Έτσι, η απόσταση του αντικειμένου z_1 από το σύστημα φακού-κάτοπτρου είναι 36 cm και το είδηλο σχηματίζεται σε απόσταση $z_2 = 4,5$ m από αυτό.)



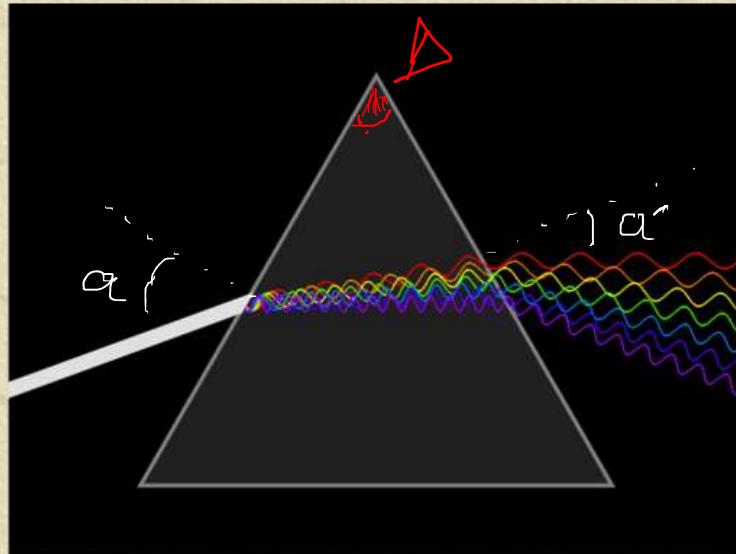
- (α) Ποιά είναι η εστιακή απόσταση του φακού προβολέας;
- (β) Αν το ο κώνου με ταχύτητα 1 cm το δευτερόλεπτο στο τριβύλι, πόσο γρήγορα θα κινείται το είδηλο του στην οδών.

8. Μια μηχανή προβολής διαφανών έχει φακό προβολής εστιακή απόσταση 135 mm.

- (α) Πόσο θα πρέπει να τοποθετούνται οι διαφάνειες αν η οδών προβολής είναι σε απόσταση 3 m από τον φακό προβολής;
- (β) Ποιά θα είναι η μεγέθυνση;
- (γ) Αν θέλετε να έχετε στην οδών προβολής ένα πραγματικό (όρθο, χωρίς κώνου ανταπόρση) είδηλο της εικόνας της διαφάνειας πως θα πρέπει να τοποθετήσετε τη διαφάνεια στο μηχανή με προβολής; Αναποδογυρισμένη πάνω-κάτω, δεξιά-αριστερά;

9. Ένας γρήγορος και εύκολος τρόπος για να προσδιορίσει προσεγγιστικά την εστιακή απόσταση ενός κοίτου φακού είναι να μετρήσει την απόσταση από τον φακό του είδηλου μιας φωτεινής πηγής που βρισκόμενα σε μακρινή απόσταση. Ας υποθέσουμε ότι ένας φακός έχει εστιακή απόσταση 10 cm και μια λάμπα φθορισμού, σταθερομένη με ένα μεταλλικό πλέγμα στην οροφή του διαμετίου, βρισκόμενα σε απόσταση 1,5 m από τον φακό, ώστε ένας πιστωτής να μπορεί να δει το είδηλο του μεταλλικού πλέγματος στο πίσω μέρος του γυάλου του. Ο πιστωτής πιστοποιεί ότι η εστιακή απόσταση του φακού είναι ίση με την απόσταση μεταξύ του φακού και του γυάλου του όρατος σχηματίζεται ένα εστιακό φακού-γυάλου όταν σχηματίζεται ένα εστιακό είδηλο σε αυτό και δείχνει ότι το σφάλμα στην τιμή της εστιακής απόστασης που προσδιορίζεται με αυτόν τον τρόπο είναι μικρότερο από 10%. Σφάλμα = [(μετρούμενη απόσταση - εστιακή απόσταση)/εστιακή απόσταση] * 100%.

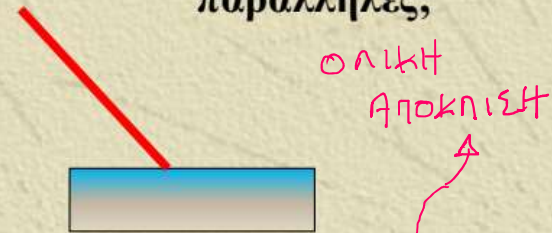
ΠΡΙΣΜΑ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ



Μπορείτε να εξηγήσετε πώς προκύπτουν οι δέσμες που φαίνονται στο σχήμα;

προσπίπτουσα

Που οφείλεται ο διαχωρισμός των χρωμάτων από ένα πρίσμα; Τι θα γίνονταν εάν οι πλευρές του πρίσματος ήταν παράλληλες;



$E = \alpha + \alpha' - \Delta$ Total deviation