

ΟΠΤΙΚΗ

ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ { Φως
Φωτομετρικά μεγέθη - μονάδες }
Νόμοι Φωτισμού }

Ηλεκτρομαγνητικά κύματα - Φως



- Θα διερευνήσουμε:
 - 1. Τί είναι το φως;
 - 2. Πως παράγεται;
 - 3. Χαρακτηριστικά ιδιότητες



Γεωμετρική οπτική: Χωρίς να υπεισέρχεται στην πραγματική φύση του φωτός θεωρεί ότι το φως διαδίδεται με φωτεινές ακτίνες. Είναι ένα μοντέλο που μπορεί να περιγράψει με πολύ απλό τρόπο μερικά φαινόμενα της οπτικής όπως η ανάκλαση και η διάθλαση του φωτός. Άλλα όμως, όπως η συμβολή είναι αδύνατον να περιγραφούν με τον τρόπο αυτό.

Φύση του φωτός



Κύμα;

Τι είμαι;



Σωματίδια;

Το 17^ο αιώνα είχαμε διαφωνίες για τη φύση του φωτός



Isaac Newton
1643 - 1727

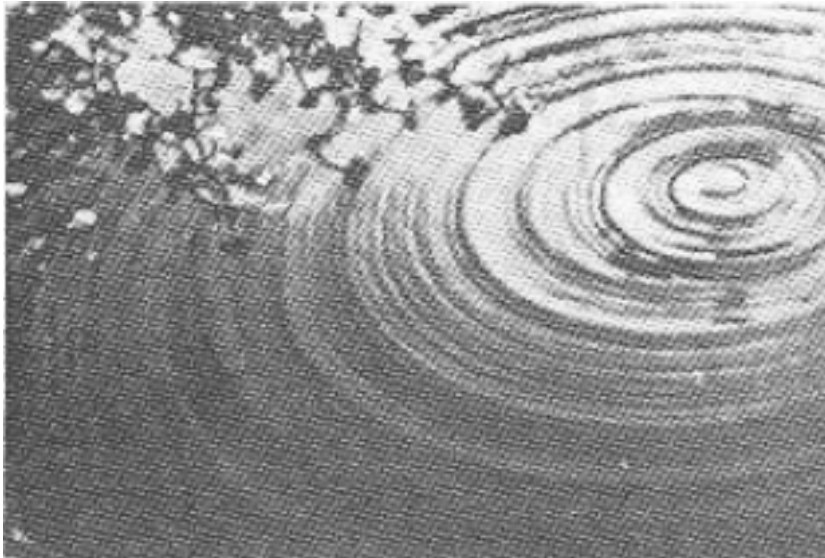
Το φως
είναι
σωματίδια

Όχι! Το
φως είναι
κύμα



Christian Huygens
1629 - 1695

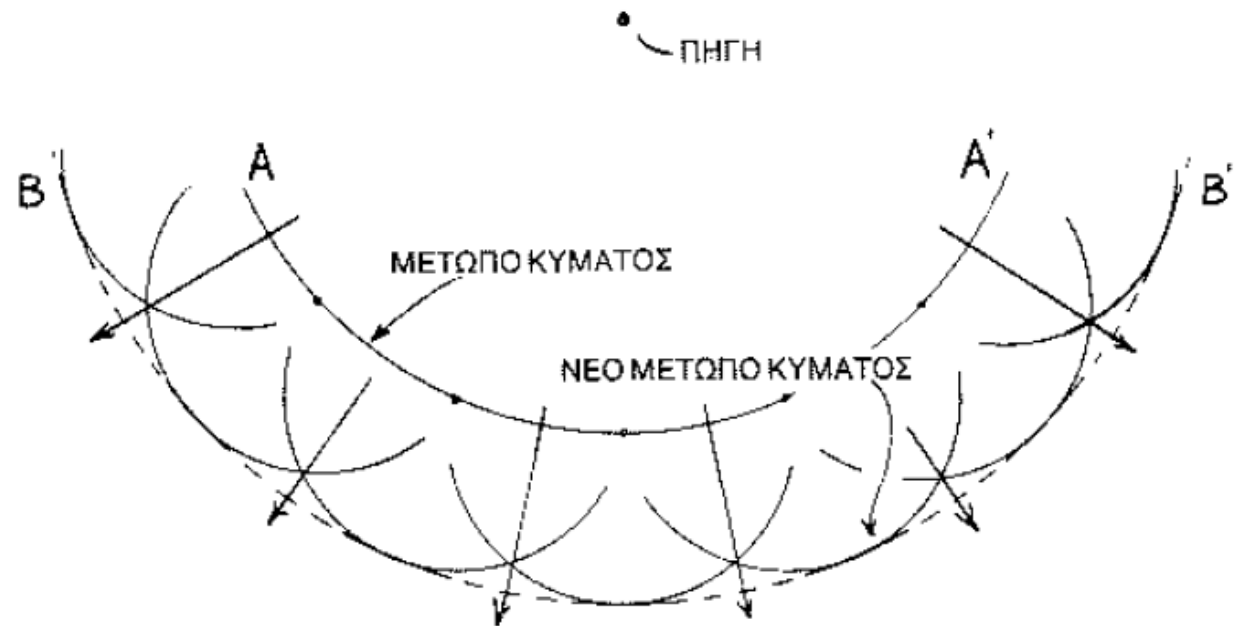
Ο νικητής ήταν



Μέτωπα υδάτινων κυμάτων

Αρχή Huygens

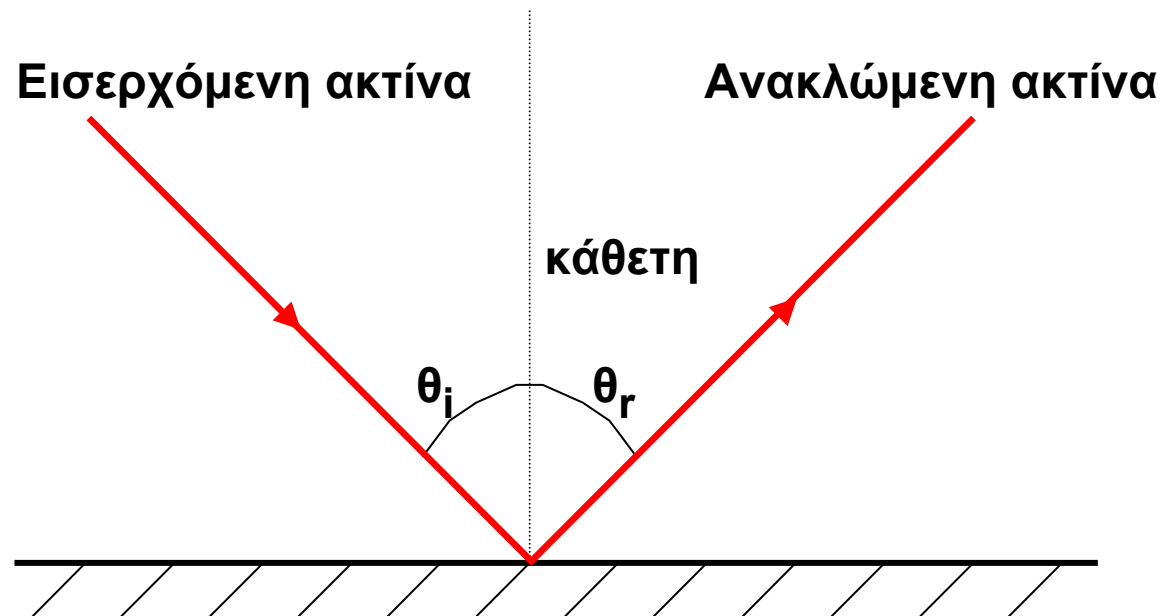
Κάθε σημείο ενός μετώπου κύματος μπορεί να θεωρηθεί ως νεά πηγή δευτερογενών κυμάτων

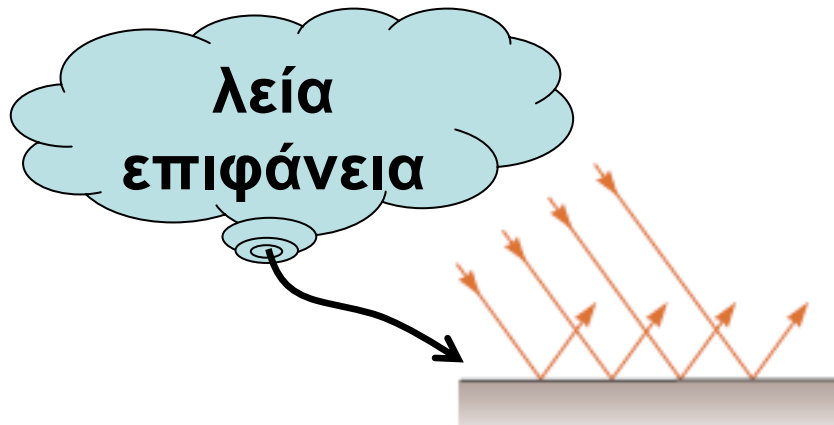


Ανάκλαση

Νόμος ανάκλασης:

γωνία πρόσπτωσης = γωνία ανάκλασης ($\theta_i = \theta_r$)

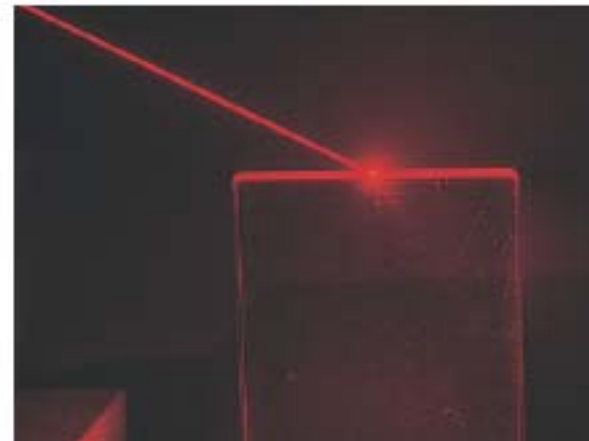




**κατοπτρική
ανάκλαση**



διάχυτη ανάκλαση



λεία = ανωμαλίες μικρότερες από το μήκος κύματος του φωτός

τραχειά = ανωμαλίες μεγαλύτερες από το μήκος κύματος του φωτός

Σε ποια από τις παρακάτω περιπτώσεις έχουμε διάχυτη ανάκλαση;

Τι το διαφορετικό υπάρχει στις συνθήκες που επικρατούν ώστε το φως να συμπεριφέρεται με άλλο τρόπο;



α

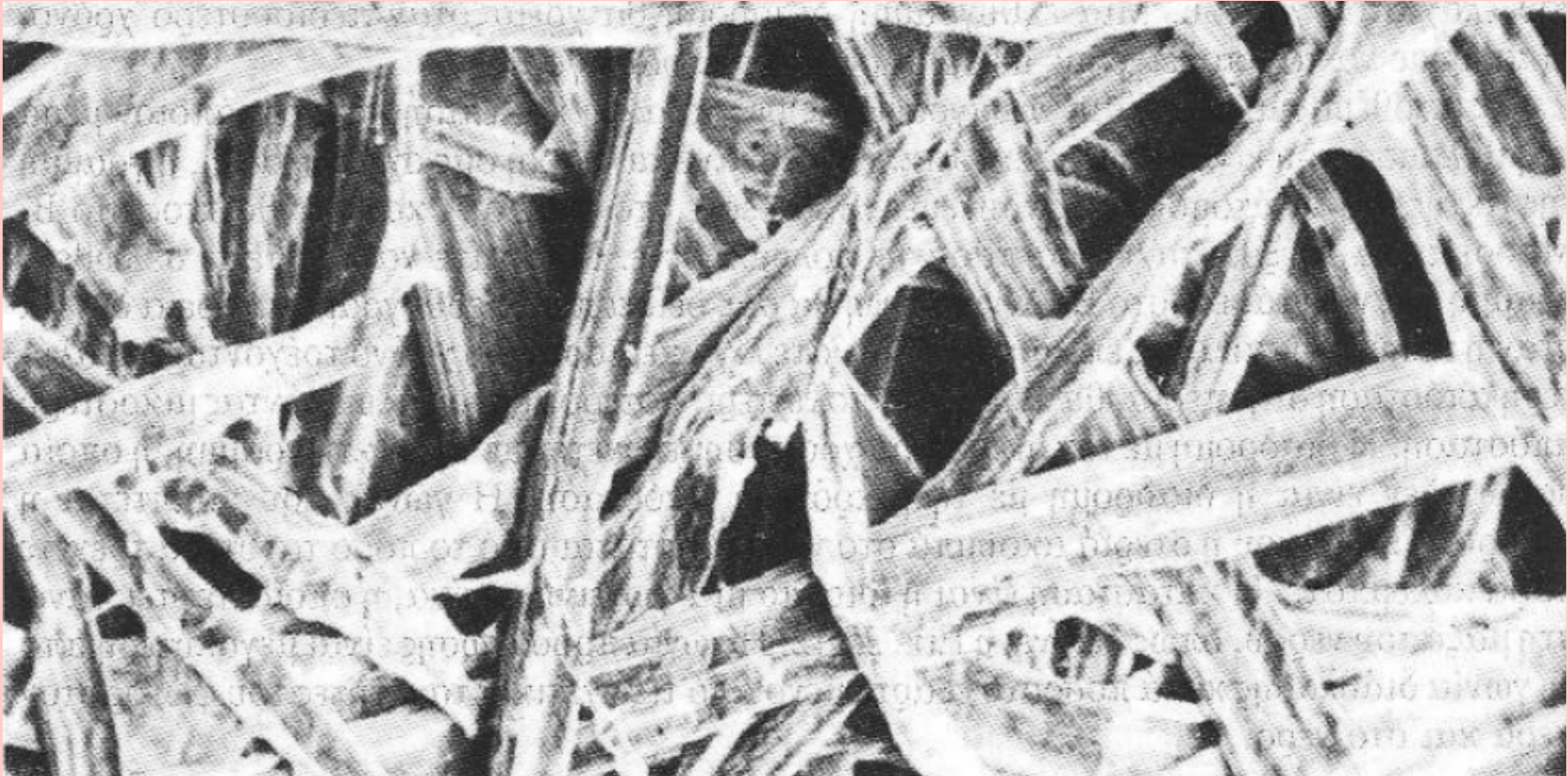


β



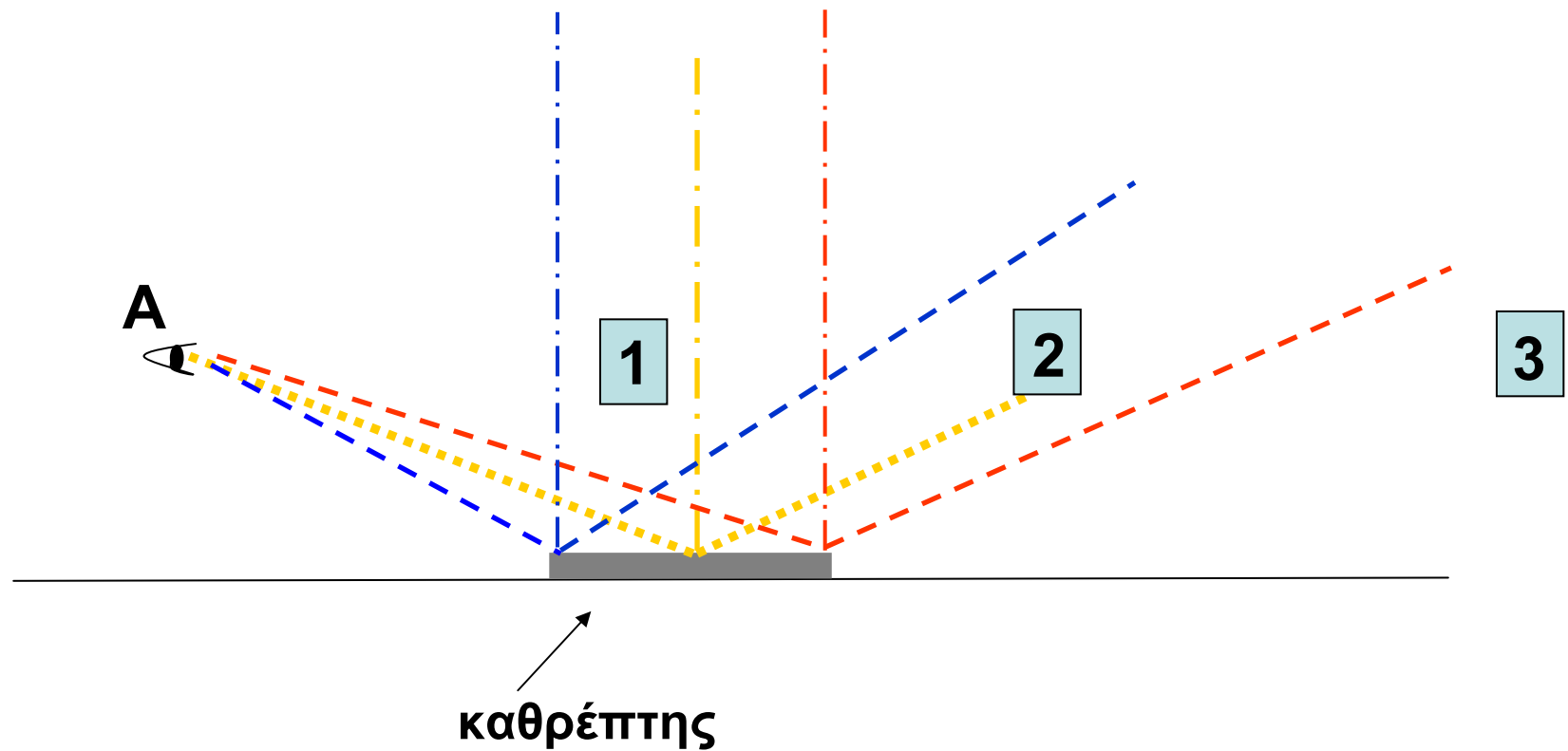
Ανωμαλίες στην επιφάνεια του νερού μικρότερες από το μήκος κύματος του φωτός **κατοπτρική ανάκλαση**

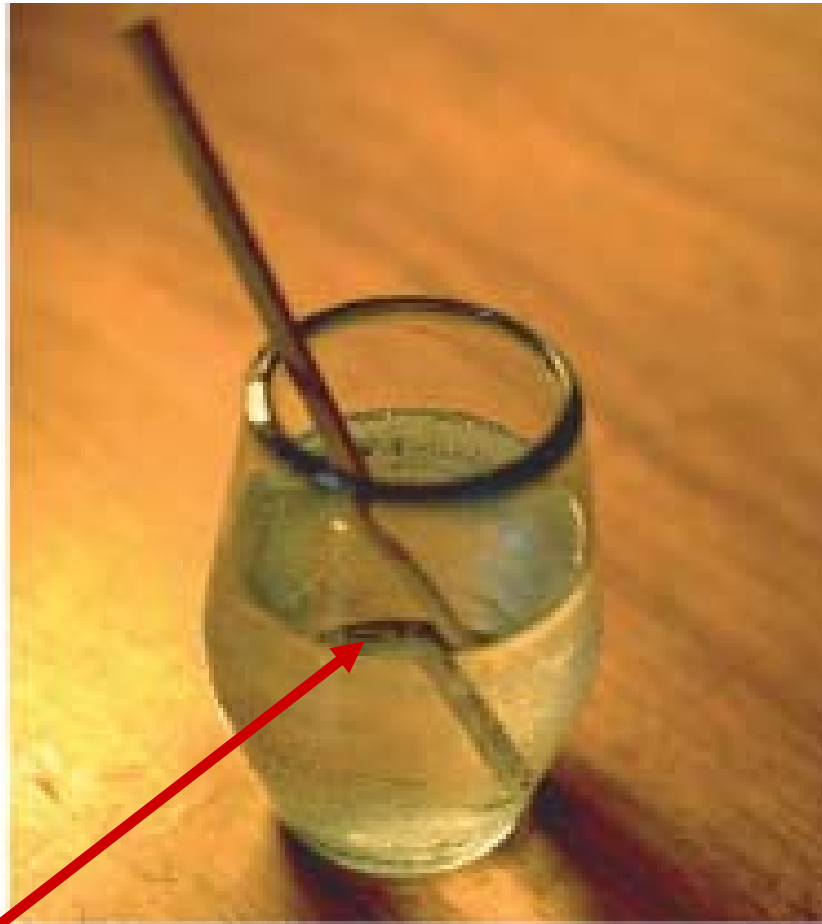
Γιατί δε βλέπουμε το είδωλό μας στη σελίδα του χαρτιού όταν διαβάζουμε ένα βιβλίο;



Η επιφάνεια ενός χαρτιού όπως φαίνεται σε ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.

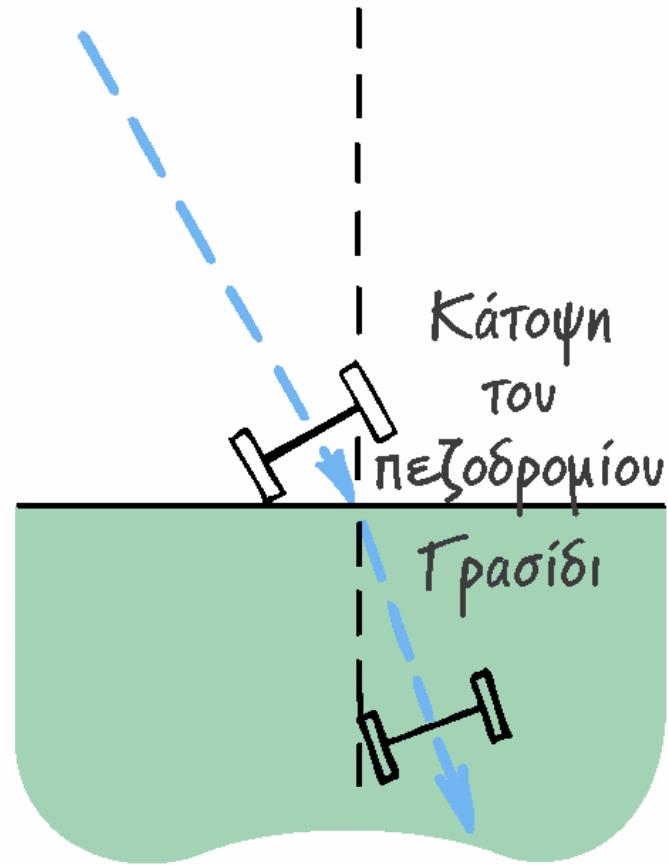
Το μάτι ενός παρατηρητή βρίσκεται στο σημείο A και κοιτάζει τον καθρέπτη. Ποια από τις αριθμημένες κάρτες μπορεί να δει μέσα από τον καθρέπτη;





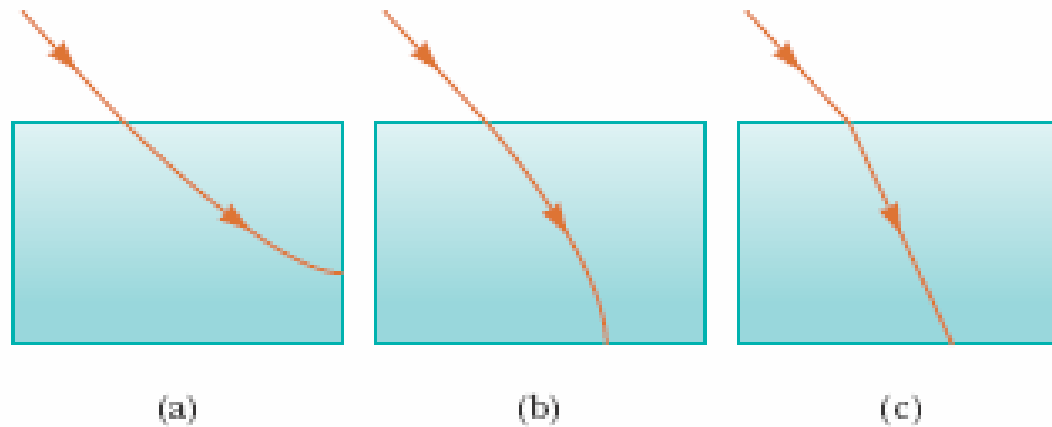
Διάθλαση : Κάμψη ακτίνας φωτός καθώς περνά από ένα υλικό μέσο σε άλλο

Διάθλαση

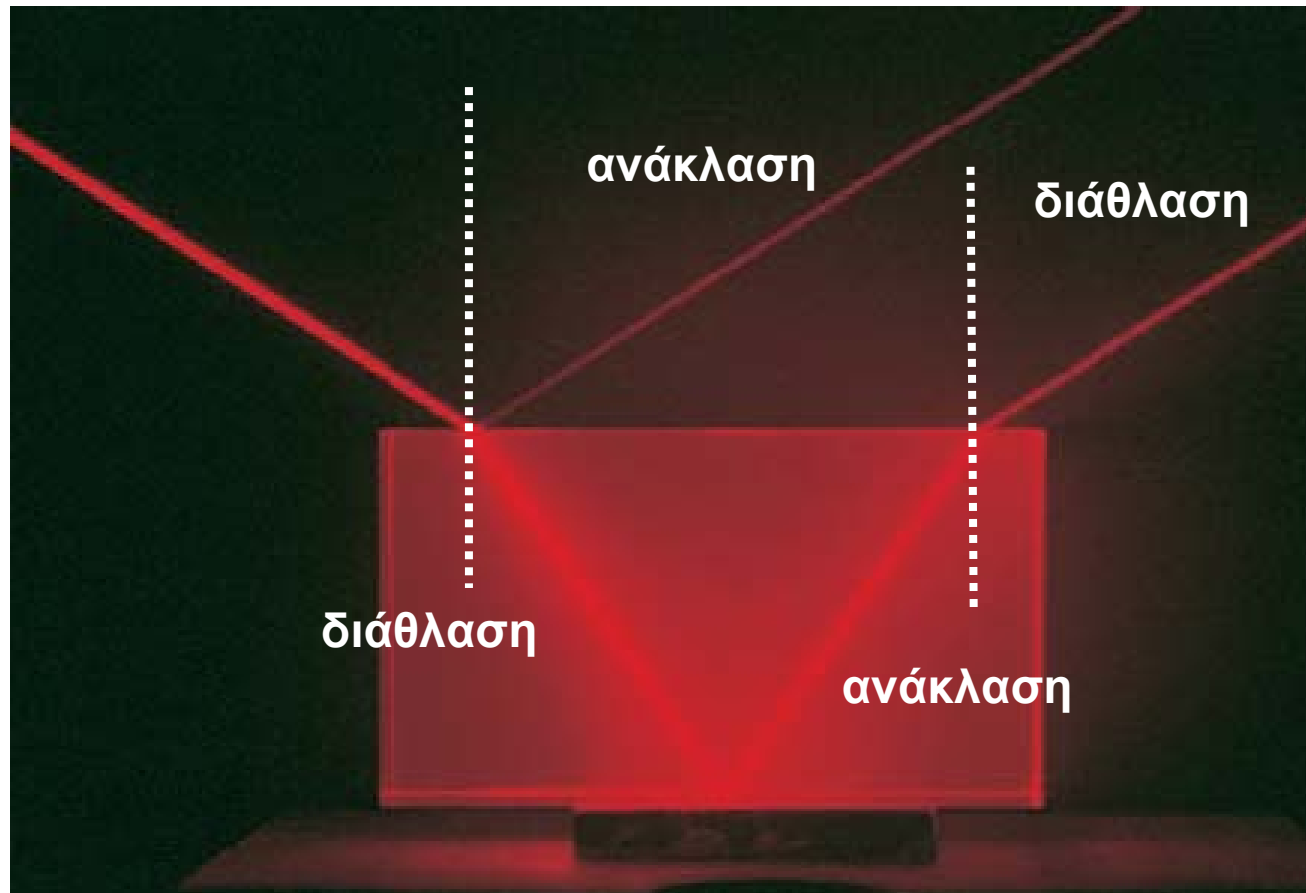


Η κατεύθυνση της κίνησης των περιστρεφόμενων τροχών μεταβάλλεται όταν ο ένας από αυτούς επιβραδύνεται πριν από τον άλλο.

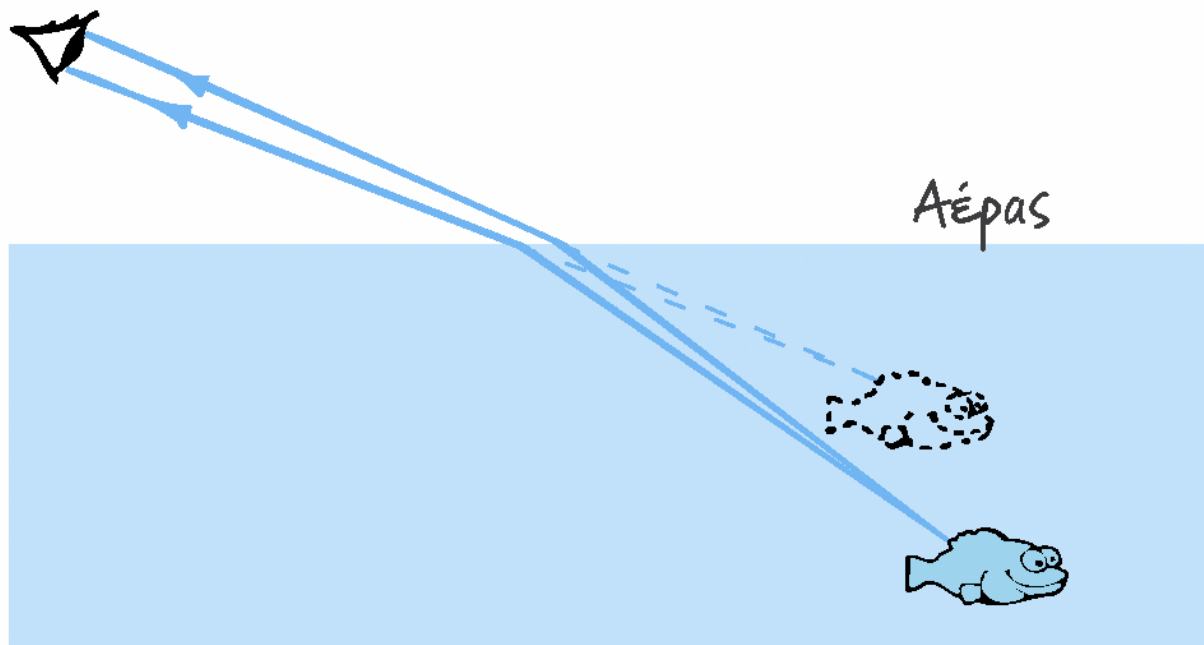
Σε κάποιο υλικό ο συντελεστής διάθλασης αυξάνει σταδιακά από την κορυφή προς το κάτω μέρος του υλικού. Ποιο από τα τρία σχήματα δείχνει σωστά την πορεία που θα ακολουθήσει το φως;



Απάντηση: το b



Λόγω της διάθλασης, ένα αντικείμενο βυθισμένο στο νερό φαίνεται να βρίσκεται πιο κοντά στην επιφάνεια απ' ό,τι είναι στην πραγματικότητα.



Συντελεστής
διάθλασης ενός
υλικού μέσου

$$n = \frac{c}{u}$$

Ταχύτητα φωτός
στο κενό

Ταχύτητα φωτός
στο μέσο (π.χ. νερό)

Άρα η τιμή του δείκτη διάθλασης μας δίνει την ικανότητα ενός υλικού να κάμπτεται μια δέσμη φωτός που περνά μέσα του

Συντελεστές διάθλασης μερικών υλικών

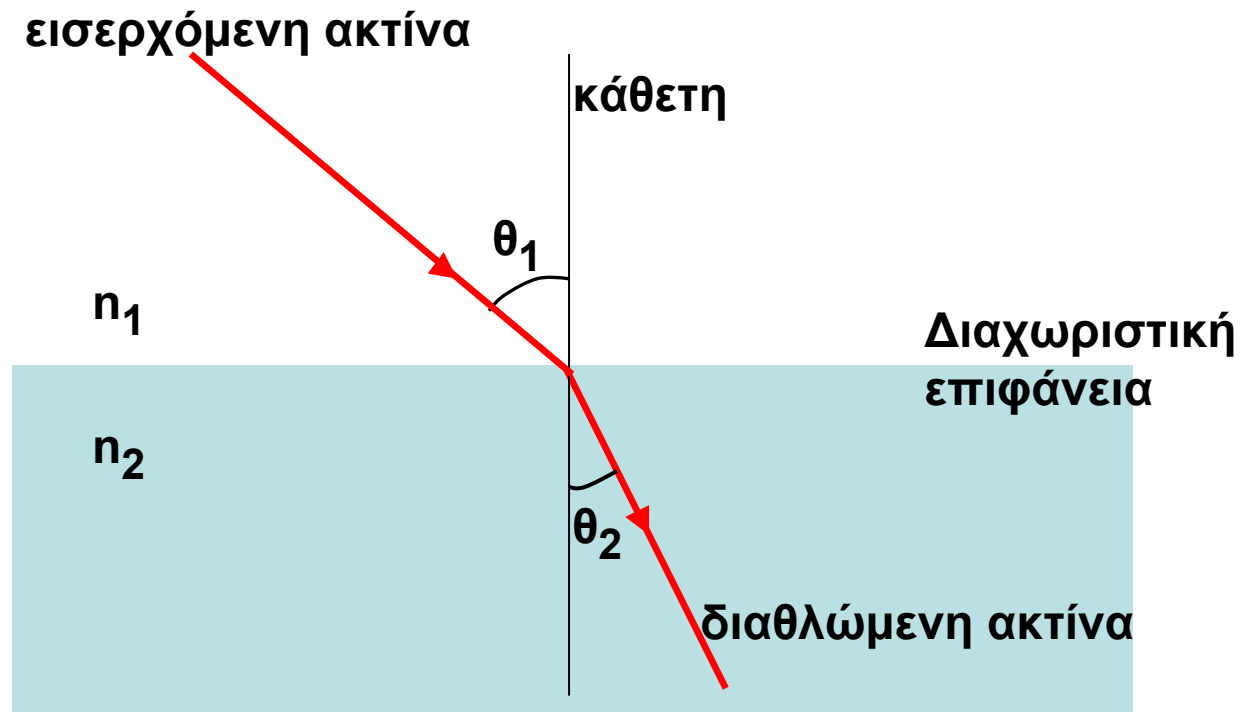
Υλικό	Δείκτης διάθλασης
Διαμάντι	2,42
Γυαλί	1,52
Αλάτι	1,54
Νερό	1,33
Αέρας	1,0001
Κενό	1,00

Νόμος διάθλασης

- Ο Willebrord **Snell** ανακάλυψε το 1621 ότι για κύμα που περνά από μέσο με συντελεστή διάθλασης n_1 , σε άλλο μέσο με διαφορετικό συντελεστή διάθλασης, n_2 , ισχύει

$$n_1 \sin(\theta_1) = n_2 \sin(\theta_2)$$

Η σχέση ονομάζεται νόμος του **Snell**

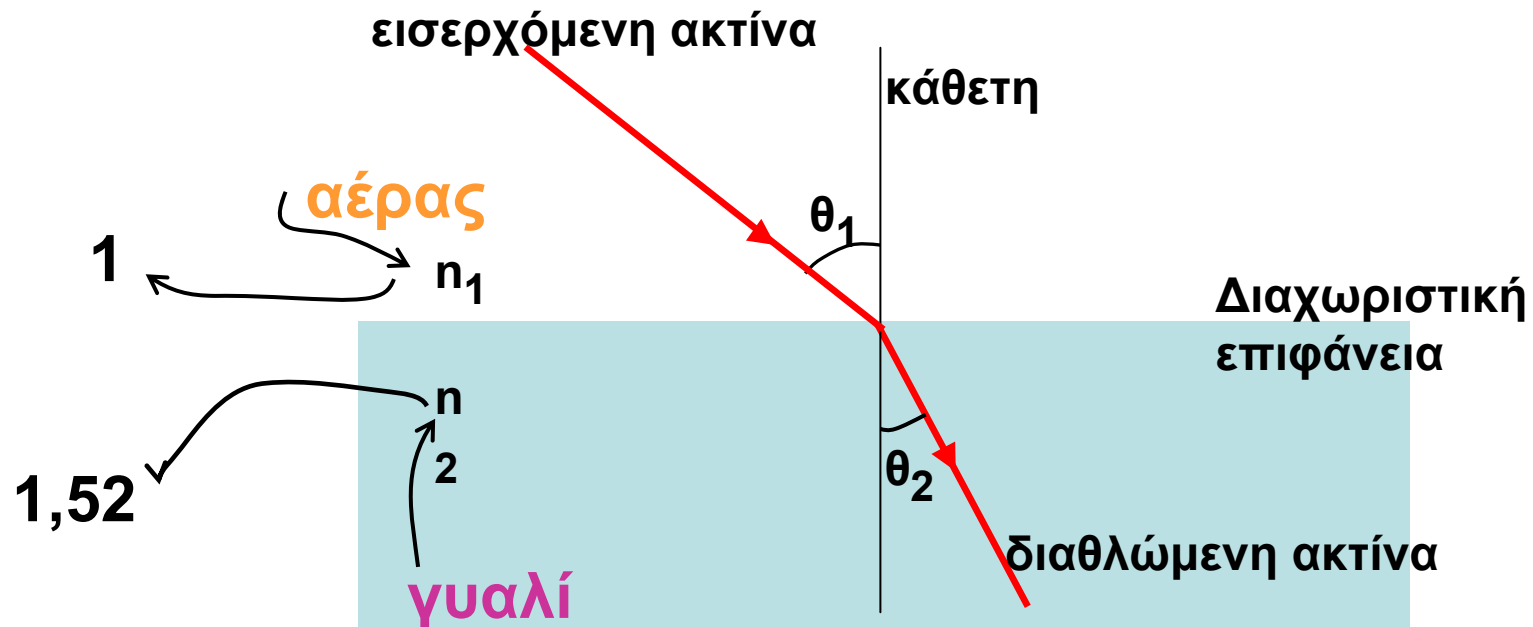


Αν δέσμη φωτός εισέρχεται υπό γωνία $\theta_1=35^\circ$ σε γυαλί πόση θα είναι η γωνία διάθλασης θ_2 ;

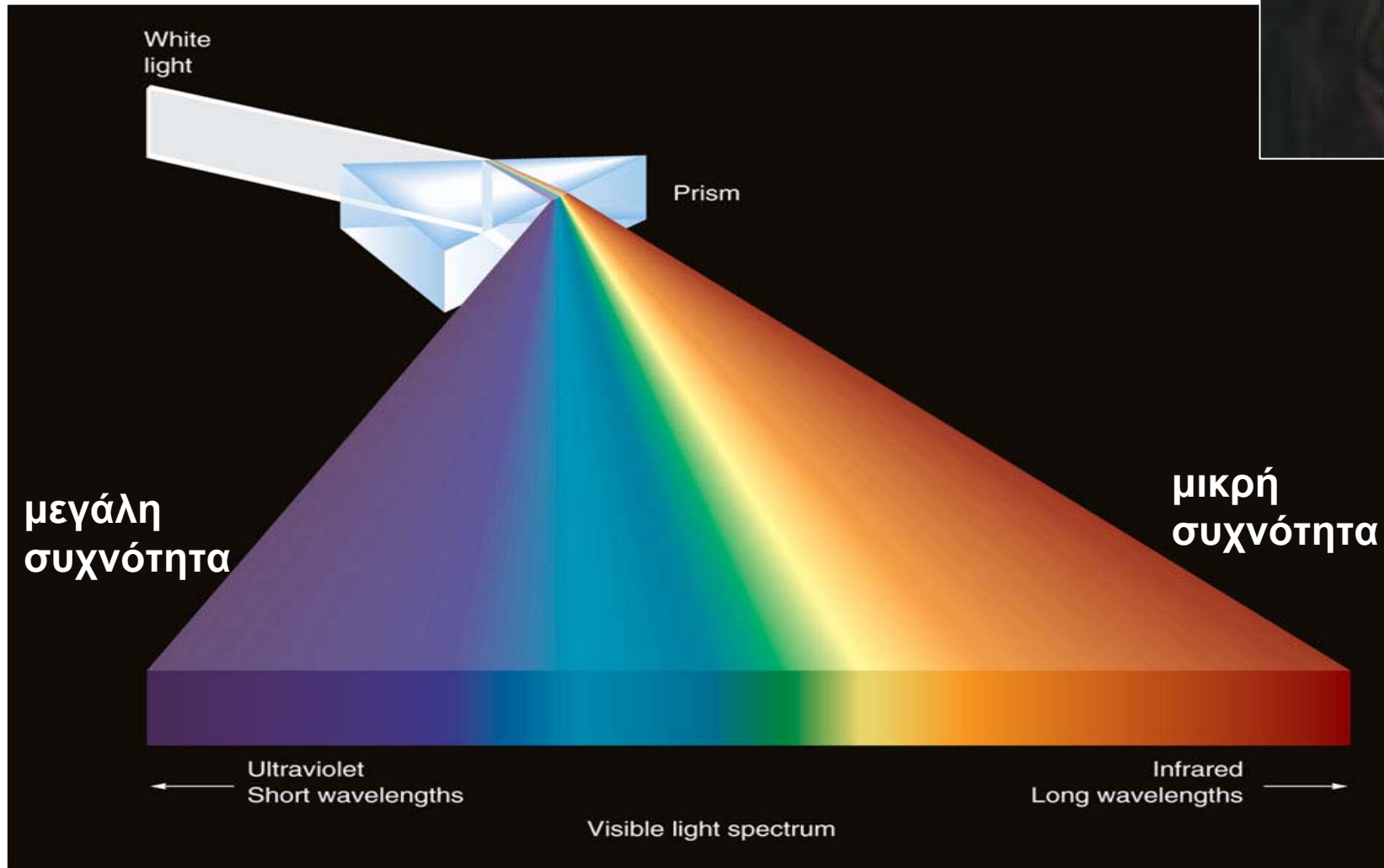
$$n_1 \sin(\vartheta_1) = n_2 \sin(\vartheta_2) \Leftrightarrow \sin(\vartheta_2) = \frac{n_1}{n_2} \sin(\vartheta_1) \Leftrightarrow$$

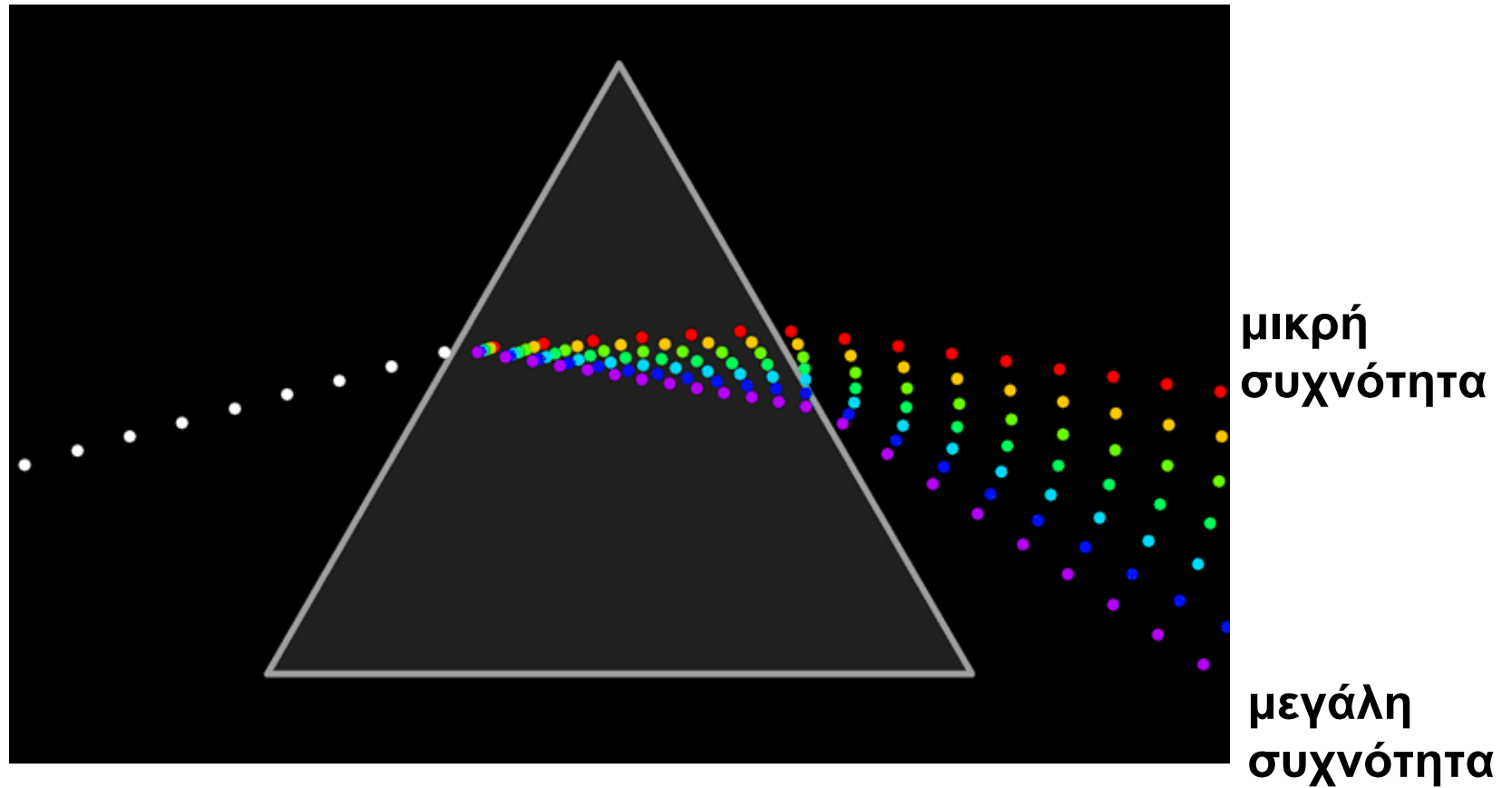
$$\Leftrightarrow \sin(\vartheta_2) = \frac{1}{1,52} \sin(35) \Leftrightarrow \vartheta_2 = \sin^{-1}(0,377) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \vartheta_2 = 20,2^\circ$$



Ο Νεύτωνας χρησιμοποιώντας ένα πρίσμα βρήκε ότι το λευκό φως περιέχει ένα «ουράνιο τόξο» από χρώματα





Το λευκό φως του ήλιου έχει συνιστώσες που κινούνται με διαφορετική ταχύτητα στο γυαλί

Φως με **μεγάλη συχνότητα** κινείται με μικρότερη ταχύτητα σε σχέση με φως **μικρής συχνότητας**



Γιατί τα διαμάντια λαμπυρίζουν;



Δείχτες διάθλασης

	Γυαλί	Νερό	Διαμάντι
κόκκινο	1.514	1.331	2.410
κίτρινο	1.517	1.333	2.417
μπλε	1.523	1.340	2.450

Γυαλί $n_{\text{μπλε}} - n_{\text{κόκκινο}} = 0,009$

Διαμάντι $n_{\text{μπλε}} - n_{\text{κόκκινο}} = 0,04$

4,5 φορές μεγαλύτερο!!!!

100 χρόνια μετά τη διατύπωση της σωματιδιακής θεωρίας του φωτός από τον Νεύτωνα

Το φως είναι
κύμα!

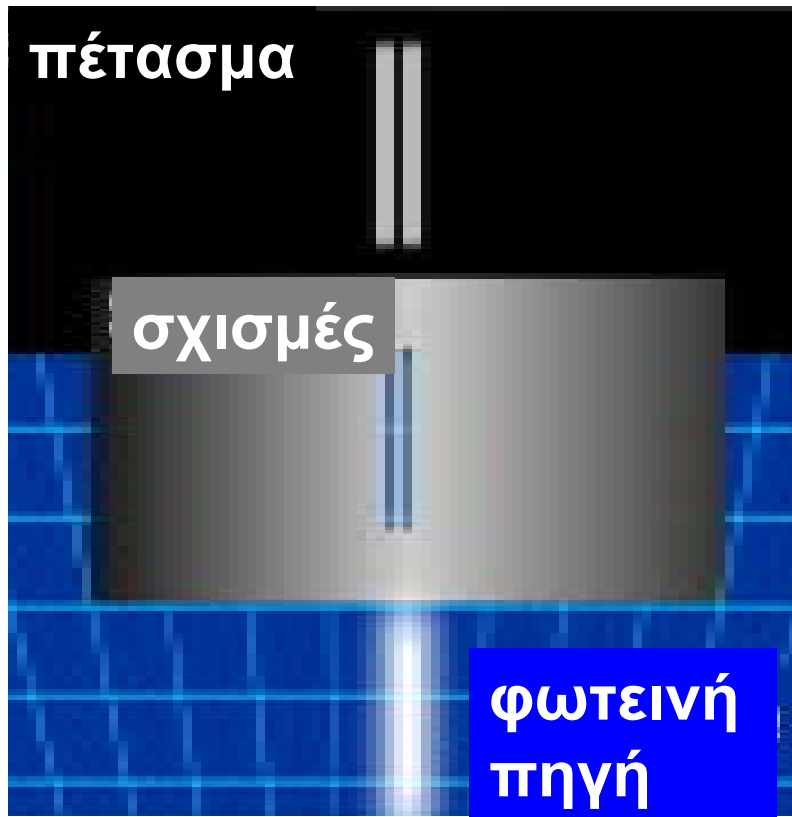


Thomas Young
1773 - 1829

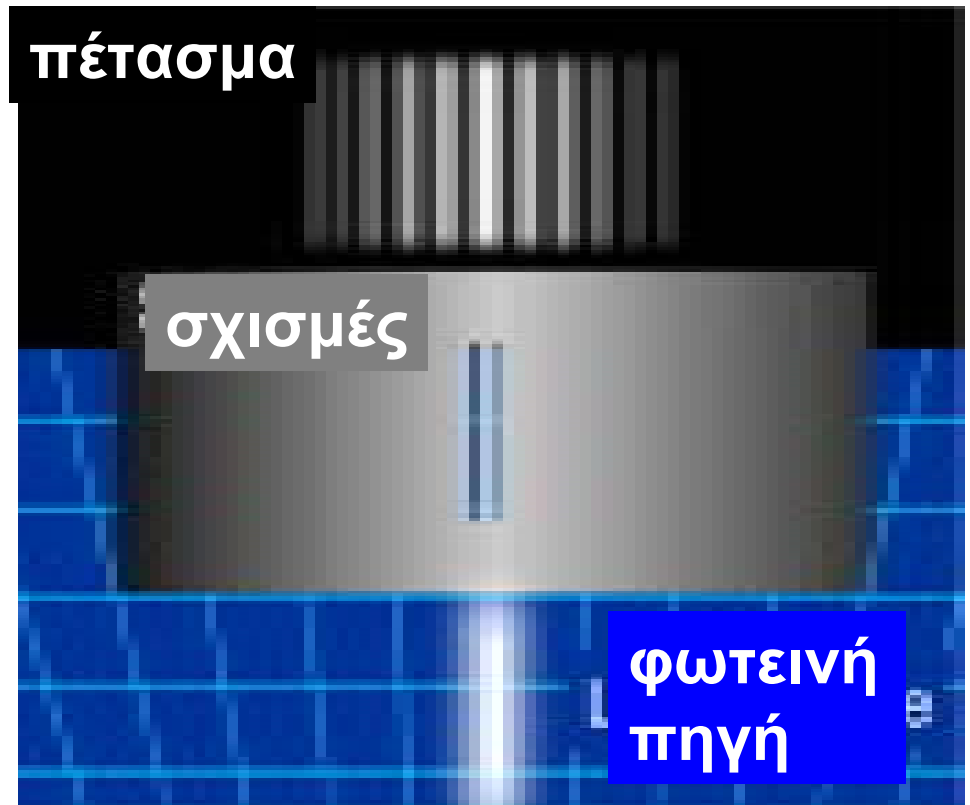
ΦΩΣ + ΦΩΣ = ΣΚΟΤΑΔΙ

φαινόμενο ΣΥΜΒΟΛΗΣ

Η συμβολή είναι το φαινόμενο που προκύπτει από τη συνάντησή δύο κυμάτων που διαδίδονται ταυτόχρονα και στο ίδιο μέσον.

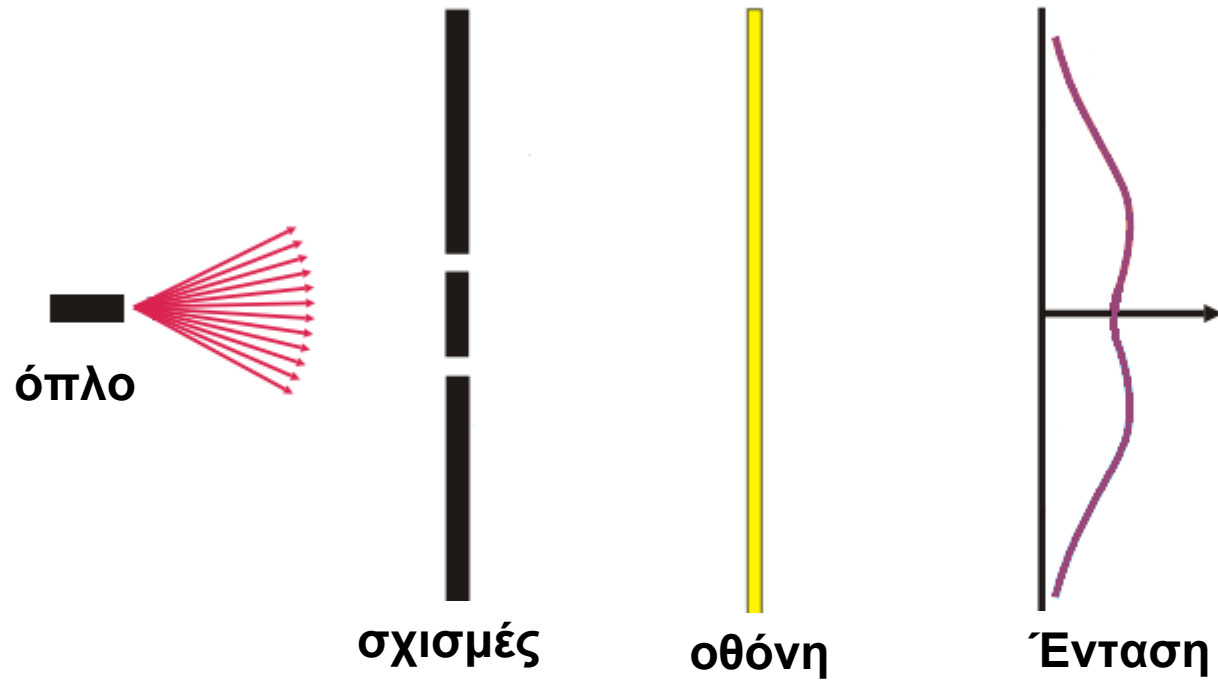


Τι περίμενε να δει

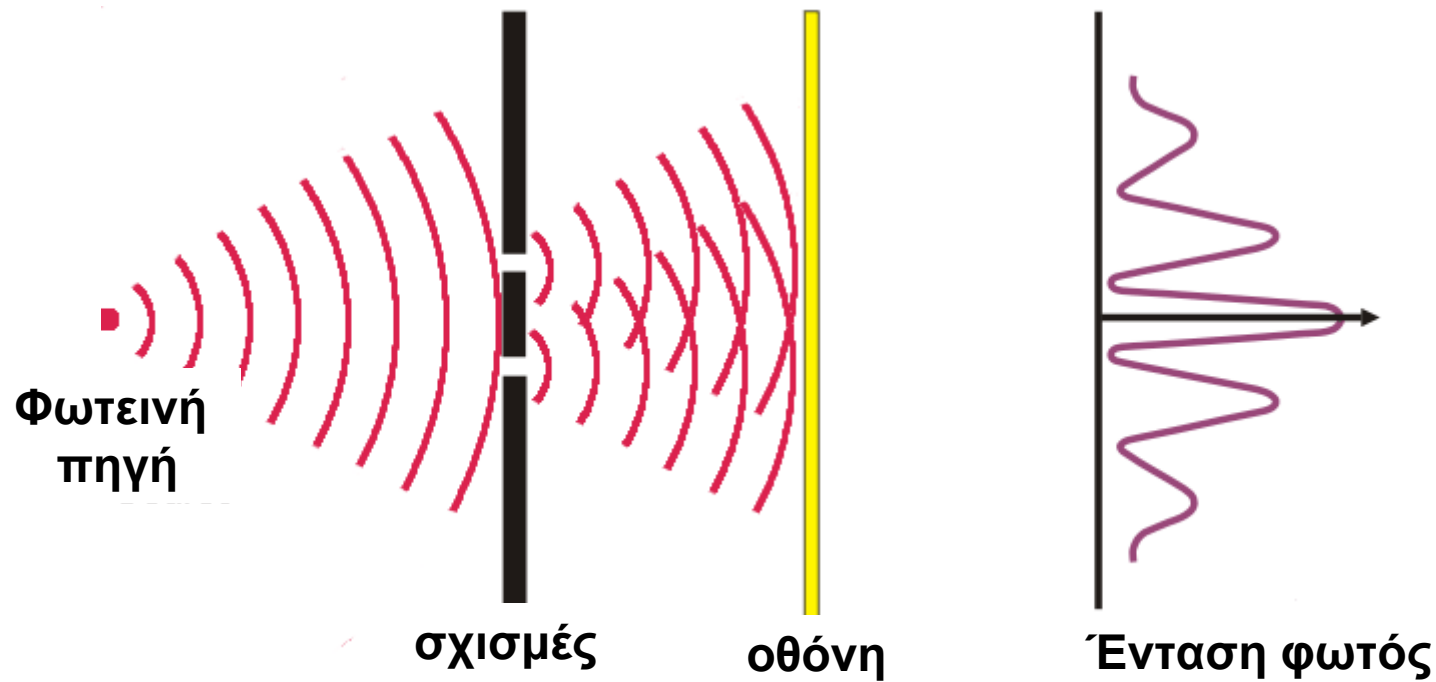


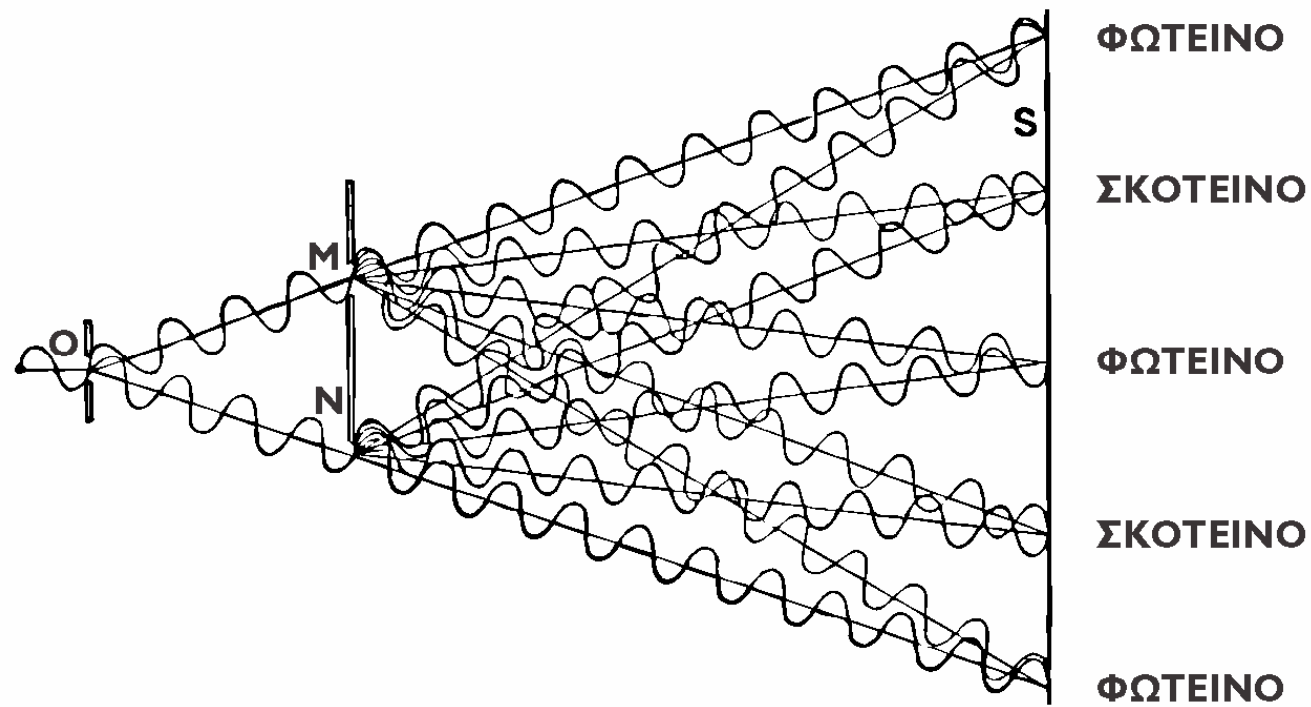
Τι είδε

Πείραμα διπλής σχισμής με όπλο

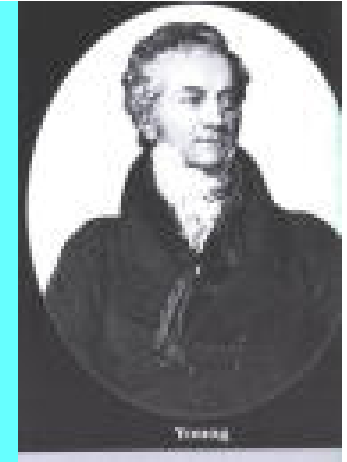
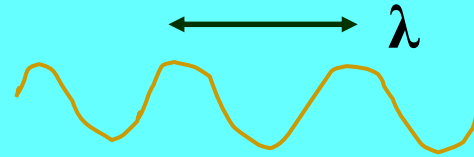


Πείραμα διπλής σχισμής που δείχνει την κυματική φύση του φωτός

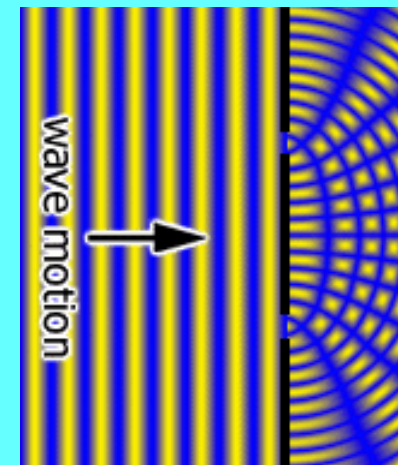
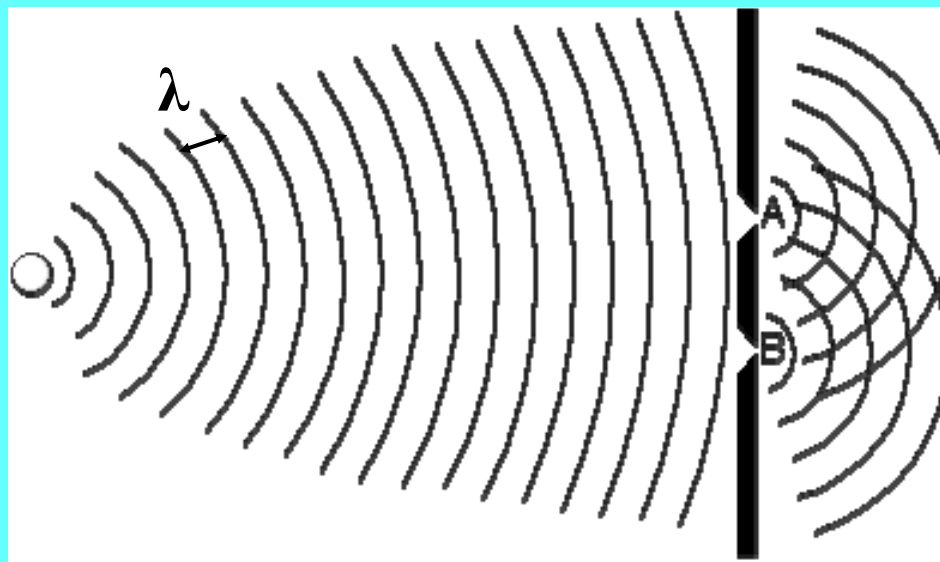




Μήκος κύματος, λ



Ο Thomas Young μέτρησε το μήκος κύματός του παρατηρώντας τους κροσσούς συμβολής πίσω από πέτασμα με δύο σχισμές



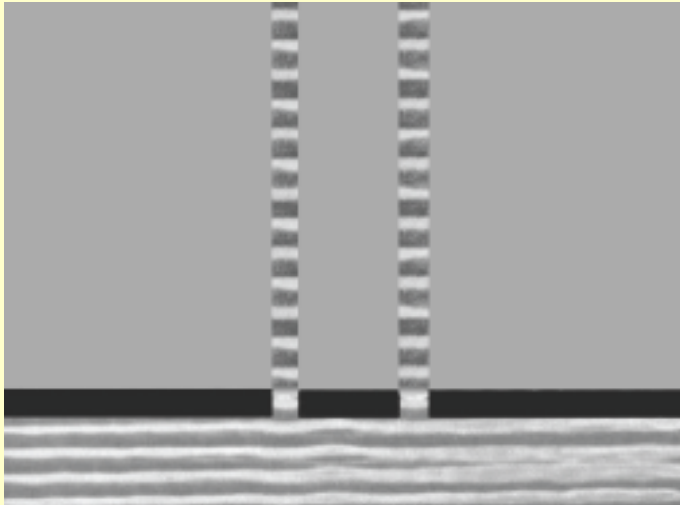
Μήκος κύματος φωτός πολύ μικρό: **red** → **blue**

μέγεθος ενός κυτάρου

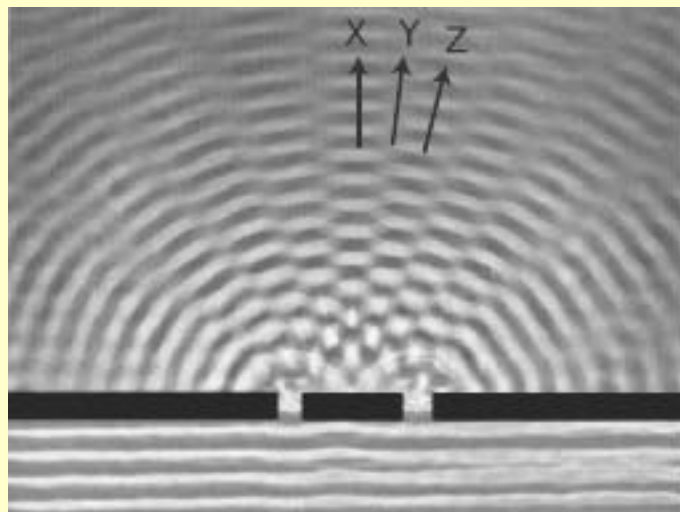
700 → **400 nm**

7000 → **4000 Å**

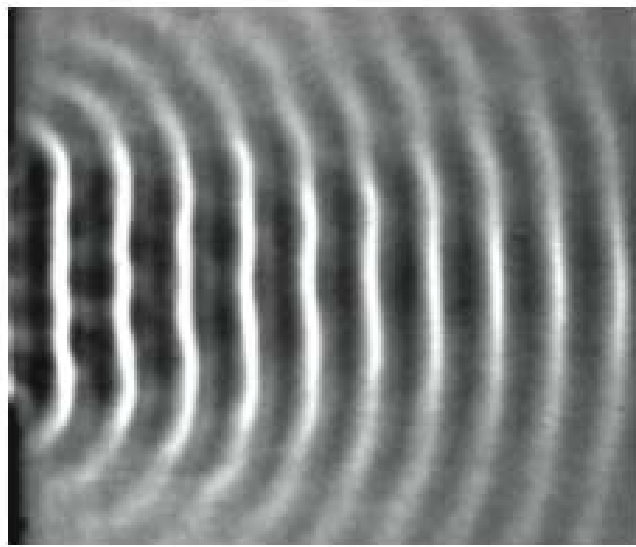
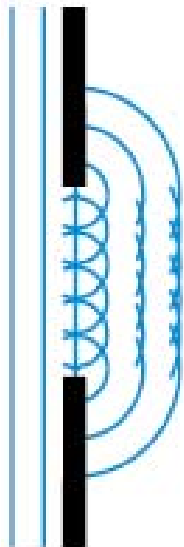
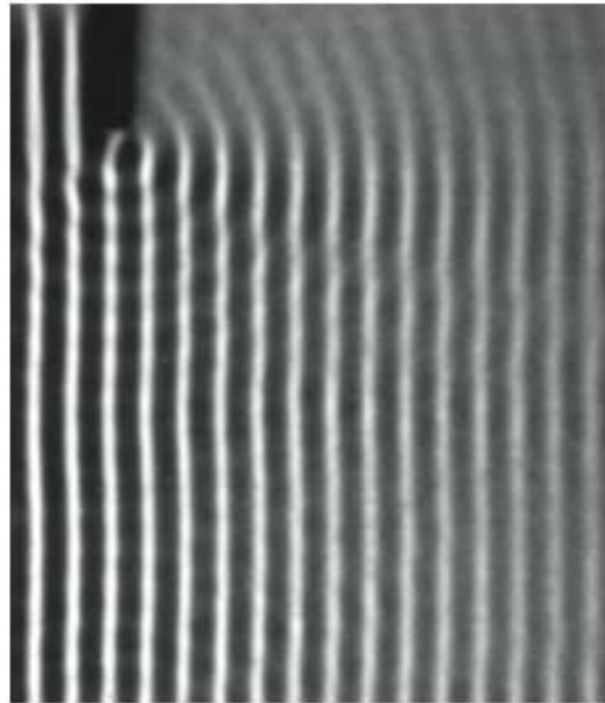
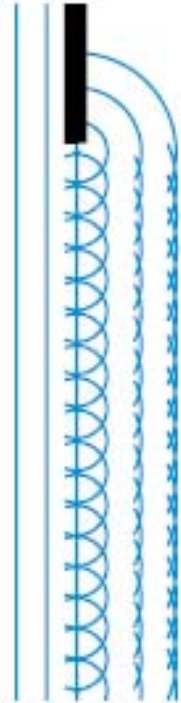
Φαινόμενο περίθλασης



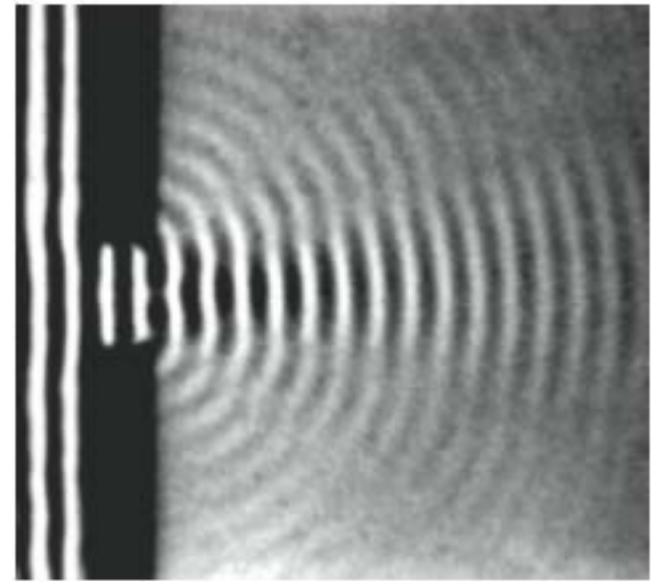
Δε θα συμβεί αυτό



**Το κύμα θα απλωθεί
πίσω από τις σχισμές**



σχισμή=6 μήκη κύματος



σχισμή=2 μήκη κύματος

Γιατί λοιπόν δε βλέπουμε πίσω από τις γωνίες;

Γιατί αυτό δε συμβαίνει με τον ήχο; Δε χρειάζεται να βλέπουμε την πηγή εκπομπής του ήχου.

Τι περίπου μήκος κύματος έχει ένας ήχος ομιλίας;

Συχνότητα $f=1000\text{Hz}$ \longrightarrow Μήκος κύματος $\lambda = \frac{v_{\eta\chi}}{f} = \frac{340}{1000} = 34\text{cm}$

Για το φως τυπικό μήκος κύματος είναι 500nm .

Δηλαδή $0,5$ εκατομμυριοστά του μέτρου!!!!!!!!!!!!

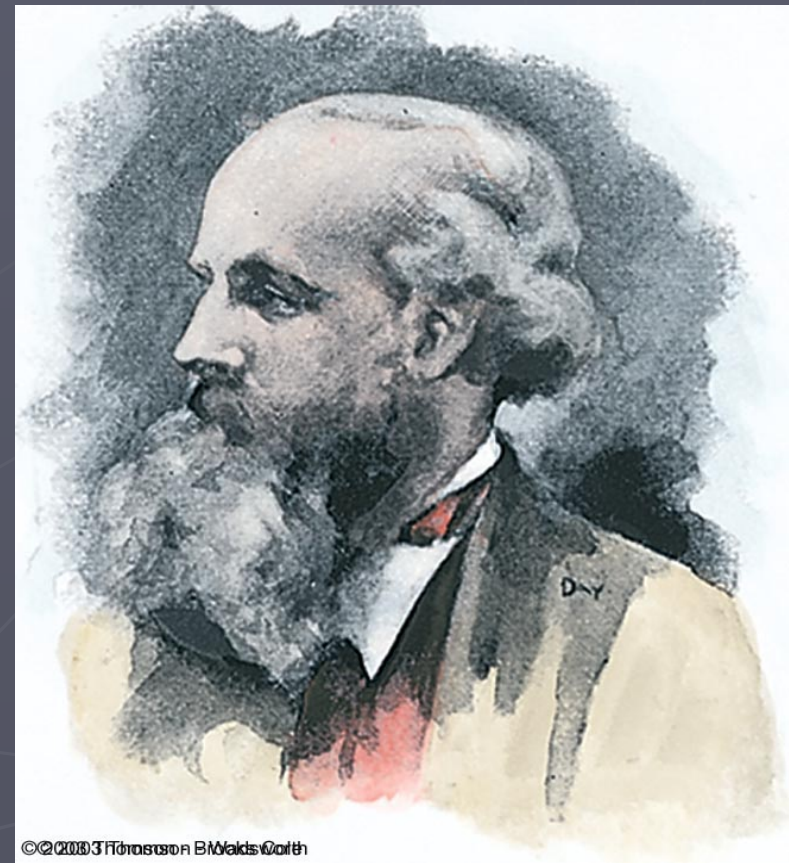
Φως
 $0,5\mu\text{m}$

τρίχα
 $100\mu\text{m}$

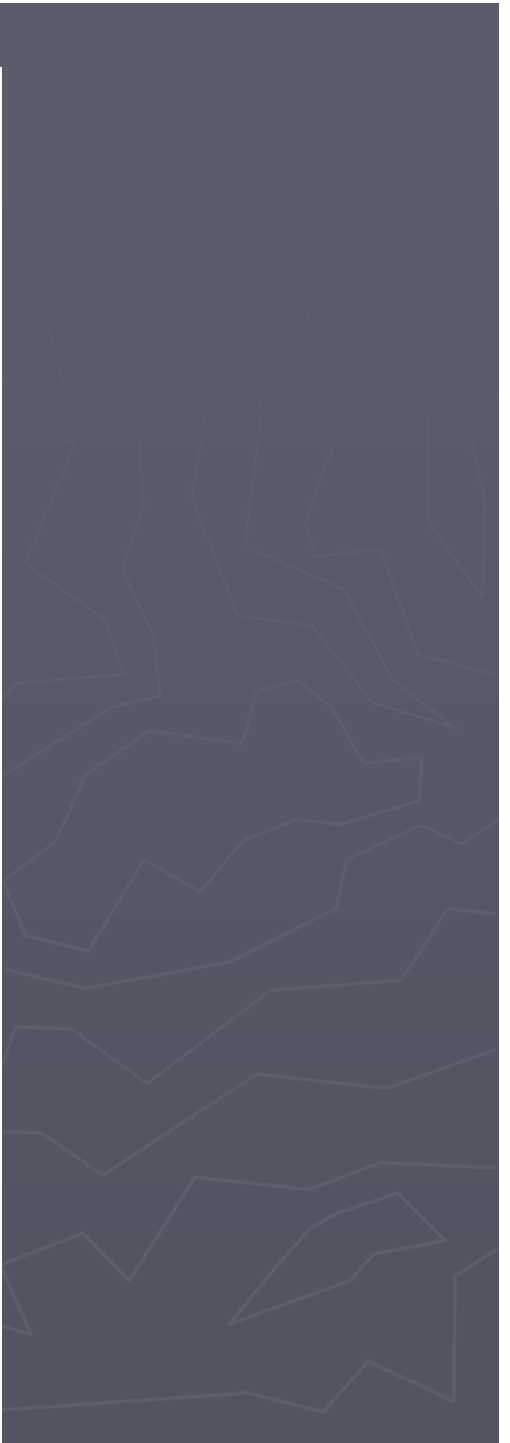
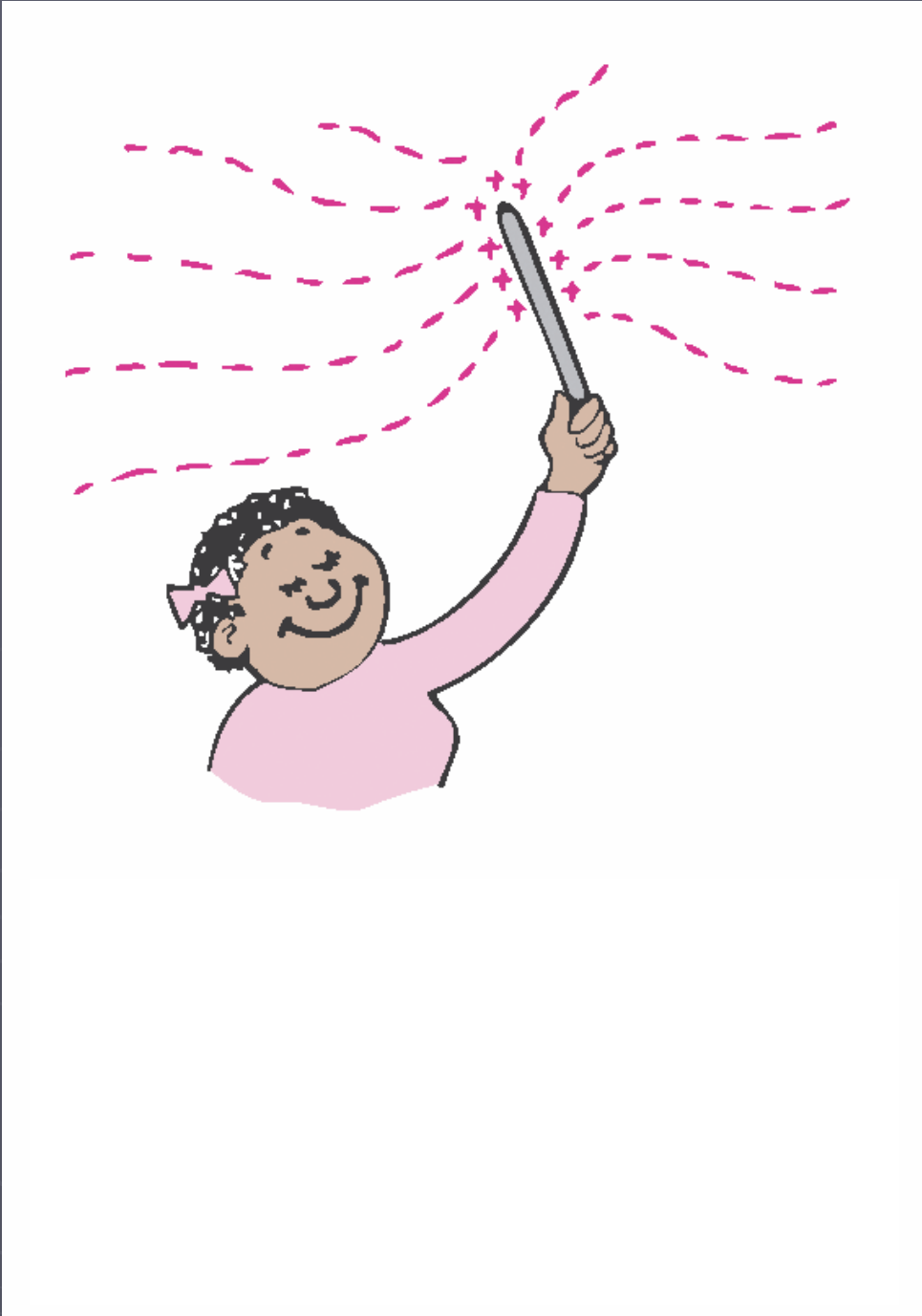
Maxwell

Αν το φως είναι κύμα τι είναι αυτό παρουσιάζει «κυμάνσεις»;
Τι είναι αυτό που ταλαντώνεται;

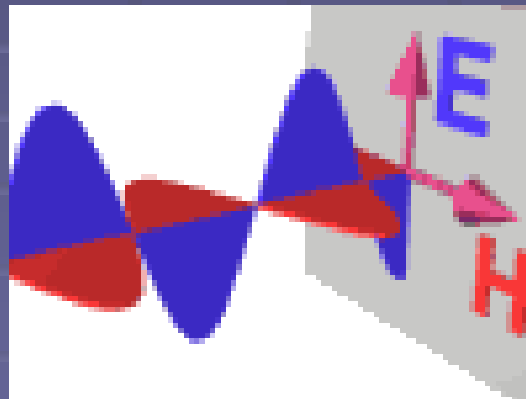
Το ορατό φως και τα
άλλα ΗΜ κύματα
αποτελούνται από
αυξομειούμενα
ηλεκτρικά και
μαγνητικά πεδία.



©2003 Πόππος Α. Βαλκίς/Αθή

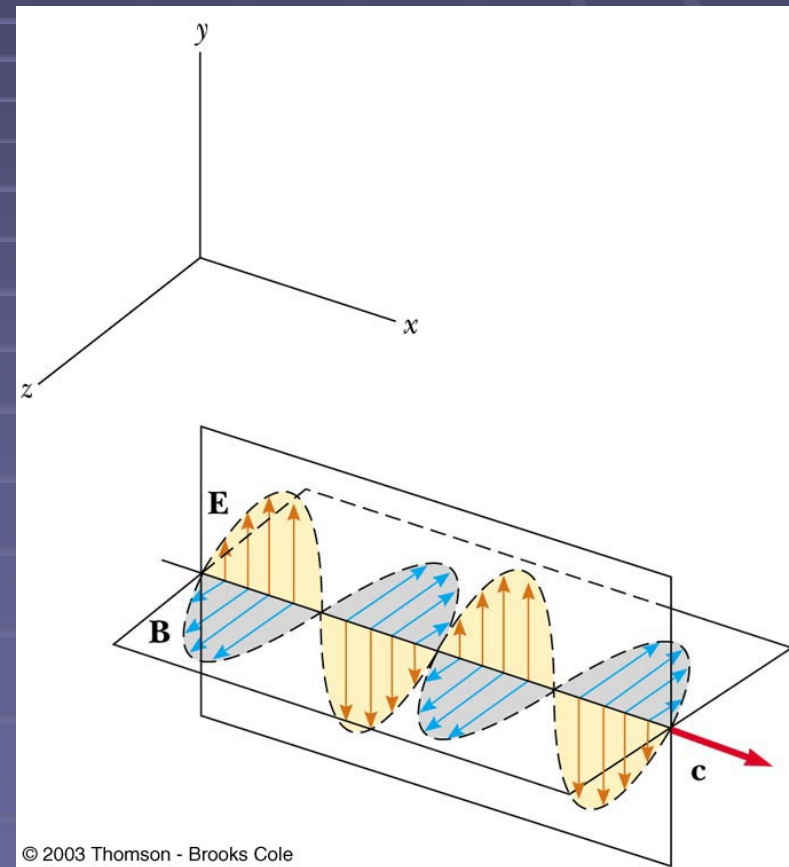


- Όταν ένα ηλεκτρικό πεδίο μεταβάλλεται δημιουργεί μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο. Το μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο δημιουργεί με τη σειρά του μεταβαλλόμενο ηλεκτρικό πεδίο.
- Αποτέλεσμα: Ηλεκτρομαγνητικό κύμα

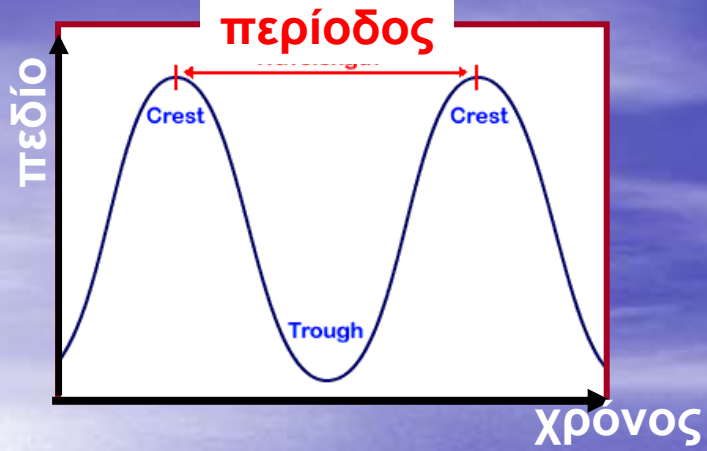


Ιδιότητες ηλεκτρομαγνητικών (ΗΜ) κυμάτων

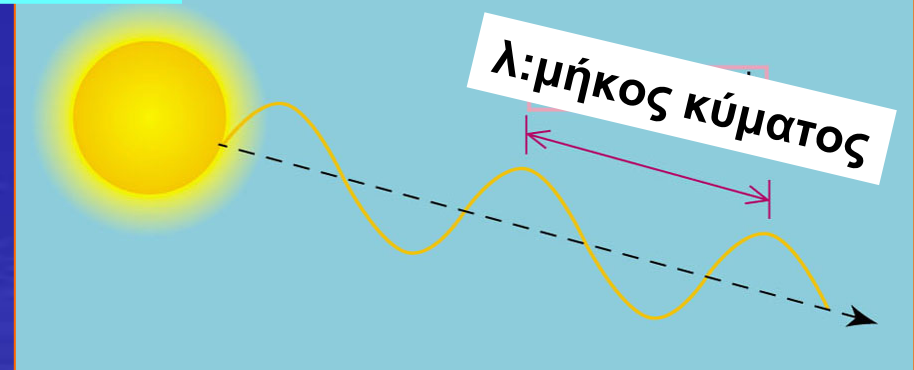
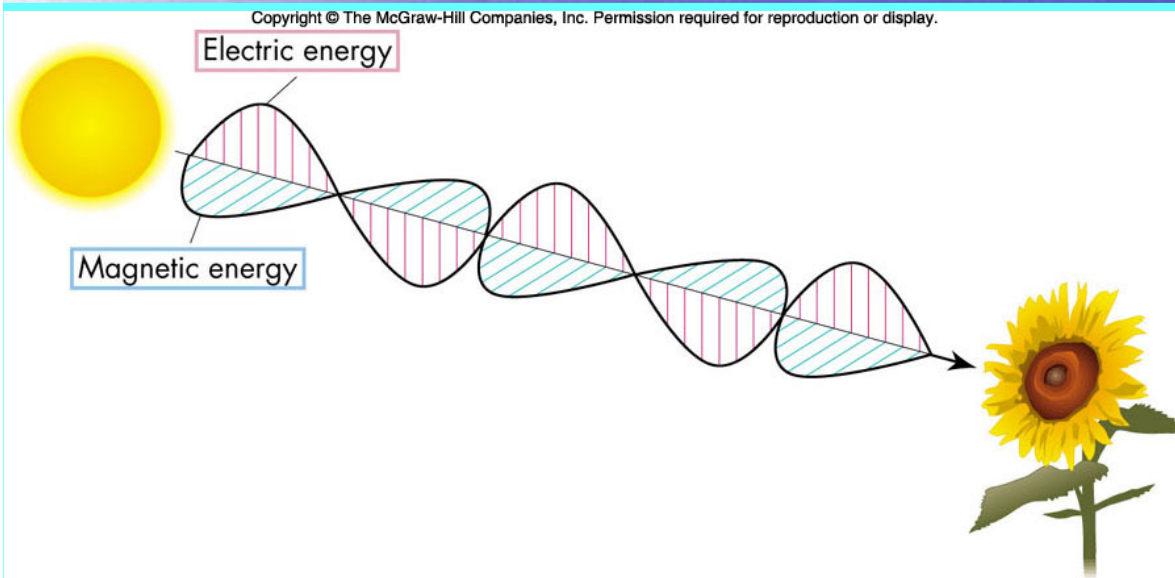
- Το ηλεκτρικό E και μαγνητικό B πεδία είναι κάθετα μεταξύ τους
- Και τα δύο πεδία είναι κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος
 - Άρα τα ΗΜ κύματα είναι εγκάρσια

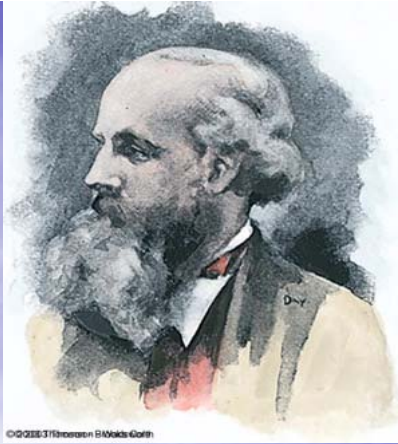


© 2003 Thomson - Brooks Cole



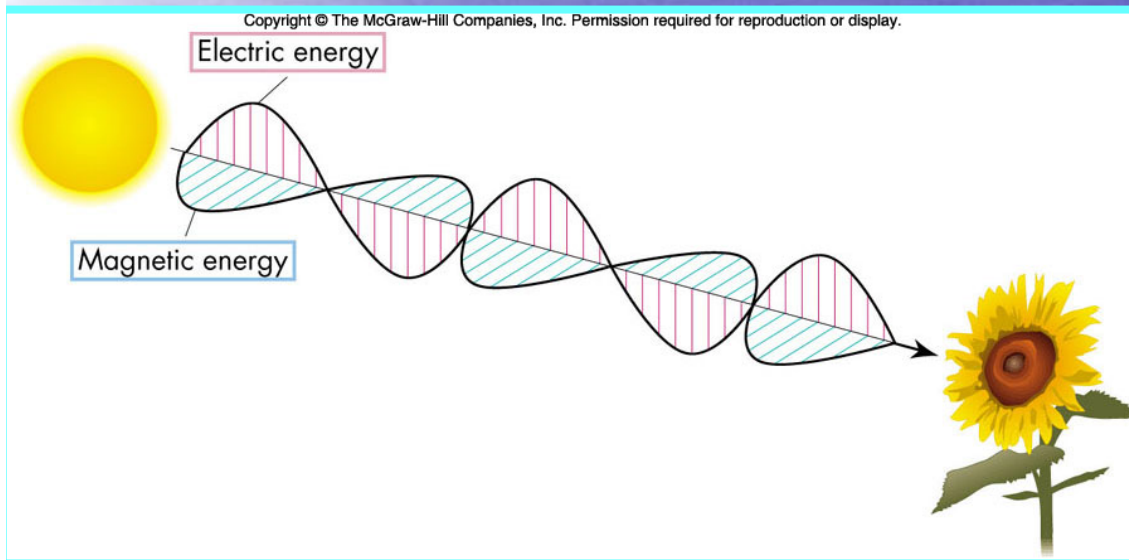
- ❖ Ιδιότητες κύματος
- ❖ Μήκος κύματος
- ❖ Συχνότητα
- ❖ Πλάτος





Maxwell: Τα ΗΜ κύματα διαδίδονται στο κενό με την ταχύτητα του φωτός c

Το c είναι μια παγκόσμια σταθερά



Ταχύτητα φωτός = μήκος κύματος \times συχνότητα

$$c = \lambda \cdot f$$

Το φως ταξιδεύει πολύ γρήγορα!!! 300,000 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο

ακτίνα γης: $r = 6370$ χιλιόμετρα


περιφέρεια: $s = 2 \cdot \pi \cdot r$

$$\frac{c}{s} = \frac{3 \times 10^5}{40024} = 7,5$$

*Με την ταχύτητα αυτή
κάνει το γύρο της γης
7,5 φορές κάθε sec!!!!!!*



Κόκκινο



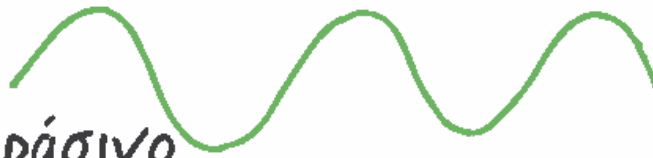
μήκος κύματος 700nm

συχνότητα;


$$f = \frac{c}{\lambda} \Leftrightarrow f = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{700 \cdot 10^{-9}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow f = 4,29 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

Πράσινο



Ιώδες



μήκος κύματος 400nm

συχνότητα;

$$f = \frac{c}{\lambda} \Leftrightarrow f = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{400 \cdot 10^{-9}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow f = 7,5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

Ράδιο
κύματα

Υπέρυθρο

Υπεριώδεις
ακτίνες

Ακτίνες
γάμα

Μικροκύματα

Ορατό φως

ακτίνες-Χ



Radio waves

Microwaves

Infrared rays

Visible light

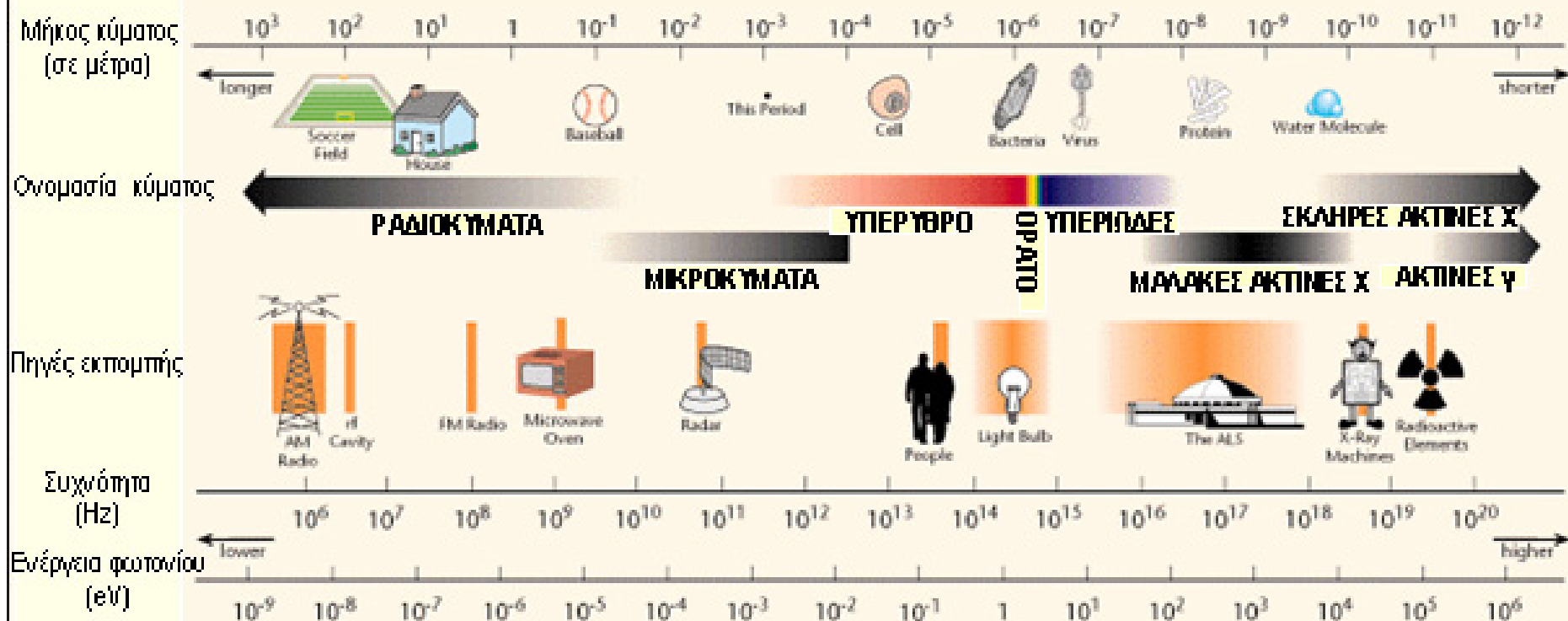
Ultraviolet rays

X-rays

Gamma



ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ



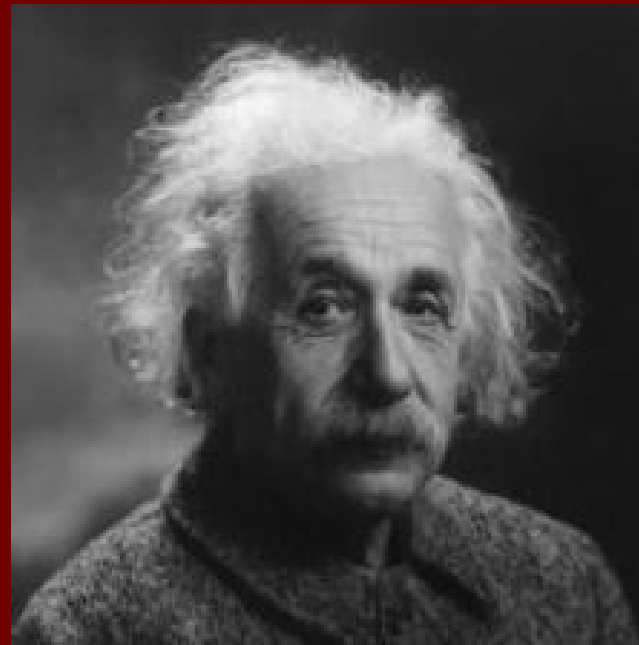
	Χαρακτηρισμός περιοχής	Συχνότητα (MHz)	Μήκος Κύματος (m)
Ραδιοφωνία	LW	0.2 - 0.5	$15 \times 10^2 - 6 \times 10^2$
	MW	0.5 - 0.8	600 - 375
	SW	1.8 - 30	167 - 10
	FM	88 - 107	3.4 - 2.8
Τηλεόραση	VHF - UHF	200 - 800	1.5 - 0.38
Κινητή τηλεφωνία	UHF	900 - 2000	0.33 - 0.15

Η συχνότητα εκπομπής ενός τοπικού ραδιοσταθμού είναι 101,5MHz (μεγάκυκλοι). Ποιό είναι το μήκος κύματος;

$$\lambda = \frac{c}{f} \Leftrightarrow \lambda = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{101,5 \cdot 10^6 \text{ Hz}} \Leftrightarrow \lambda = 2,96 \text{ m}$$

Η κυματική φύση του φωτός ήταν ευρέως
αποδεκτή μέχρι το 1905.....

Φως;
Πακέτα
ενέργειας



Albert Einstein
1879 - 1955