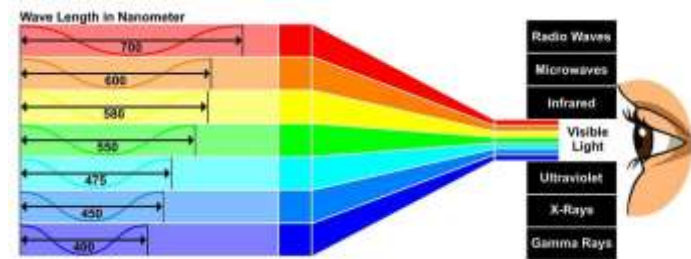
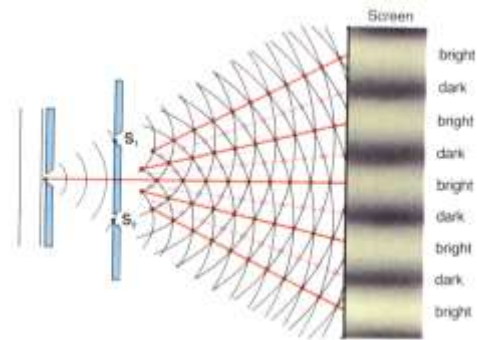


# Η φύση του φωτός

Το φως είναι ένα **εγκάρσιο, ηλεκτρομαγνητικό κύμα** που μπορεί να δει ο άνθρωπος.



Η κυματική φύση του φωτός αποδείχτηκε αρχικά μέσω πειραμάτων **περίθλασης και συμβολής**.



Η εγκάρσια (βλέπε παράρτημα I) φύση του φωτός μπορεί να αποδειχθεί μέσω της **πόλωσης**.

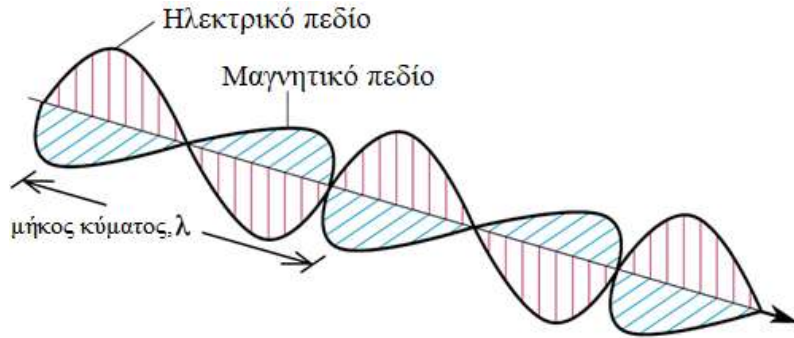


Όπως όλα τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα, το φως μπορεί να ταξιδέψει στο κενό.



# Ηλεκτρομαγνητικό (H/M) κύμα

Παράγεται από επιταχυνόμενα ηλεκτρικά φορτία  
Phet: [Radio\\_Waves\\_and\\_Electromagnetic\\_Fields](#)



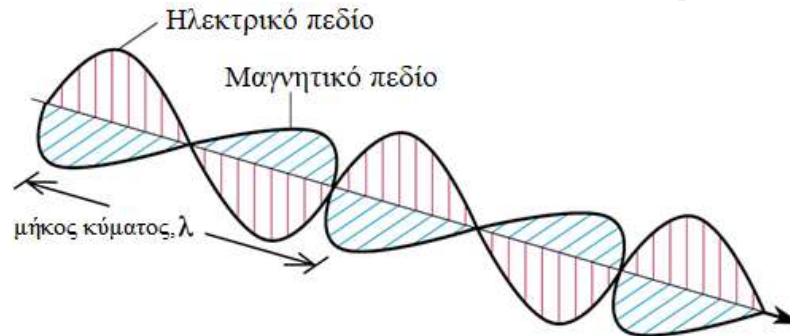
Ημιτονοειδές επίπεδο H/M κύμα  
Το απλούστερο, ιδανικό είδος H/M κύματος που έχει όλες τις βασικές ιδιότητες ενός γενικού H/M κύματος (στην πραγματικότητα η δομή ενός H/M κύματος μπορεί να είναι αρκετά περίπλοκη).

Ηλεκτρικό πεδίο  $\vec{E}$  με πλάτος  $E_0$  και μαγνητικό πεδίο  $\vec{B}$  με πλάτος  $B_0$  είναι κάθετα μεταξύ τους και ταλαντώνονται σε συμφωνία φάσης ως εγκάρσια κύματα (κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης) με το ίδιο μήκος κύματος ( $\lambda$ ) και την ίδια συχνότητα ( $f$ ).

Αυτό που παρατηρούμε είναι η **ένταση**  $I$  του H/M κύματος, η οποία είναι ανάλογη του  $E_0^2$

Για το κενό η ταχύτητα του H/M είναι περίπου  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  και σύμφωνα με τη θεμελιώδη εξίσωση της κυματικής  $c = f \cdot \lambda$

# Ηλεκτρομαγνητικό (Η/Μ) κύμα



**Εξισώσεις του Maxwell** (δεν αναφέρονται εδώ) **έδειξαν ότι:**

- Χρονικές μεταβολές του  $\vec{E}$  δημιουργούν το  $\vec{B}$  και αντίστροφα. Έτσι η διάδοση των  $\vec{E}$  και  $\vec{B}$  αυτοσυντηρείται χωρίς να είναι αναγκαία η ύπαρξη υλικού μέσου διάδοσης όπως στα μηχανικά κύματα.

- Ο λόγος  $E_0 / B_0$  είναι καθορισμένος:  $E_0 / B_0 = c$ , η ταχύτητα του Η/Μ κύματος που είναι μη μεταβαλλόμενη (όταν ταξιδεύει στο κενό ή στο ίδιο μέσο)

- Οι δύο θεμελιώδεις παράμετροι προσδιορισμού της ταχύτητας του φωτός στο κενό είναι η **διηλεκτρική σταθερά  $\epsilon_0$**  και η **μαγνητική διαπερατότητα  $\mu_0$**

ώστε:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

Όταν το φως αλληλεπιδρά με την ύλη, το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο του αλληλεπιδρά με φορτία και ατομικά ρεύματα και οι θεμελιώδεις παράμετροι έχουν διαφορετικές τιμές παρουσία του μέσου.

Στη γενική περίπτωση,  $\epsilon \geq \epsilon_0$  και  $\mu \geq \mu_0$ , η ταχύτητα του φωτός σε κάποιο υλικό μέσο είναι πάντα μικρότερη του  $c$ .

# Δείκτης διάθλασης

Για το περισσότερα υλικά, η τιμή της  $\mu$  είναι παρόμοια με τη  $\mu_0$ , και έτσι είναι η τιμή της διηλεκτρικής σταθεράς  $\epsilon$  εκείνη που χαρακτηρίζει την ταχύτητα του φωτός σε αυτά.

- Ορίζουμε ως δείκτη διάθλασης  $n$ :

$$n = \sqrt{\frac{\epsilon\mu}{\epsilon_0\mu_0}}$$

- Και έτσι η ταχύτητα του φωτός σε ένα υλικό θα είναι:

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

Τιμές δείκτη διάθλασης για ορισμένα υλικά <sup>a</sup>

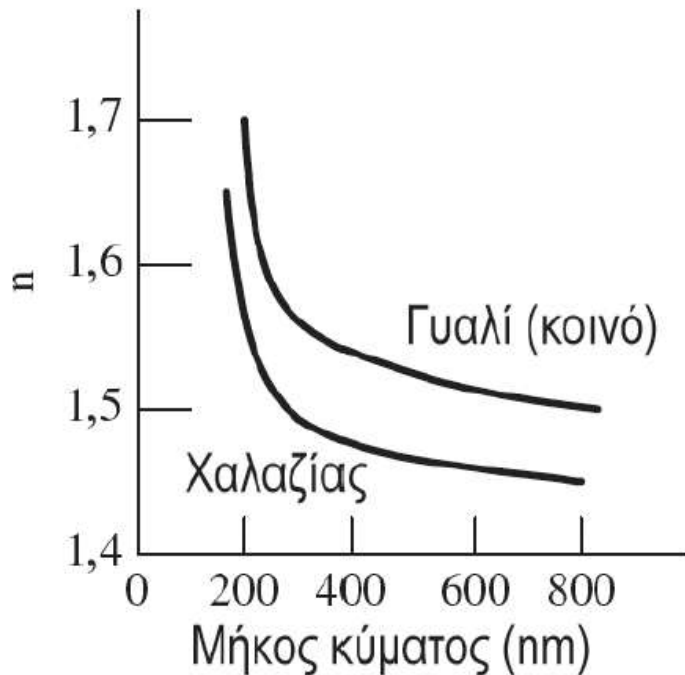
<i>Υλικό (στους 20 °C, εκτός αν αναφέρεται)</i>	<i>Δείκτης διάθλασης</i>
Διαμάντι	2,42
Γυαλί (κοινό)	1,52
Βενζόλιο	1,50
Χαλαζίας	1,46
Νερό	1,33
Αέρας (1 atm, 0°C)	1,0003

<sup>a</sup> Οι τιμές μετρήθηκαν σε μήκος κύματος 589 nm (κίτρινο από το γραμμικό φάσμα εκπομπής του Νατρίου)

# ΔΙΑΣΠΟΡΑ ή ΔΙΑΣΚΕΔΑΣΜΟΣ

Οι τιμές  $\epsilon$  και  $\mu$  ενός υλικού μέσου εξαρτώνται από τις αλληλεπιδράσεις του μέσου με τη διαδιδόμενη σε αυτό ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, και για αυτό, αντίθετα από τις τιμές αυτές στο κενό, εξαρτώνται από τη συχνότητα (ή μήκος κύματος) του διαδιδόμενου φωτός.

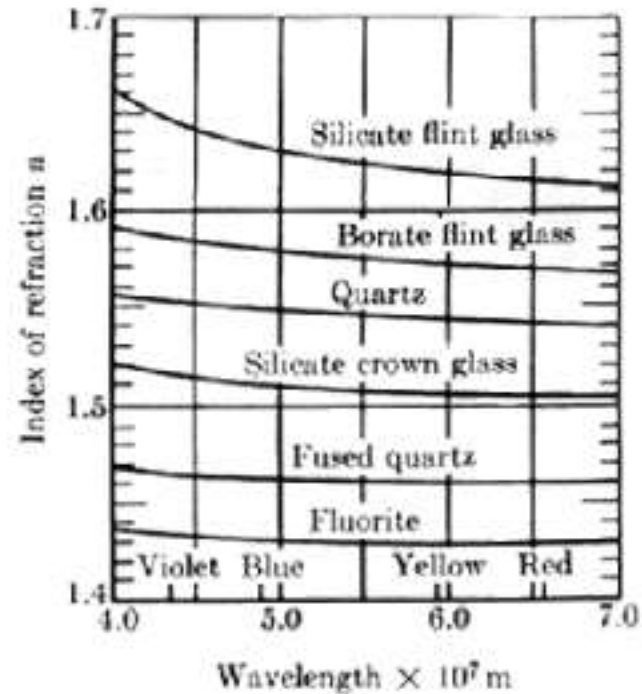
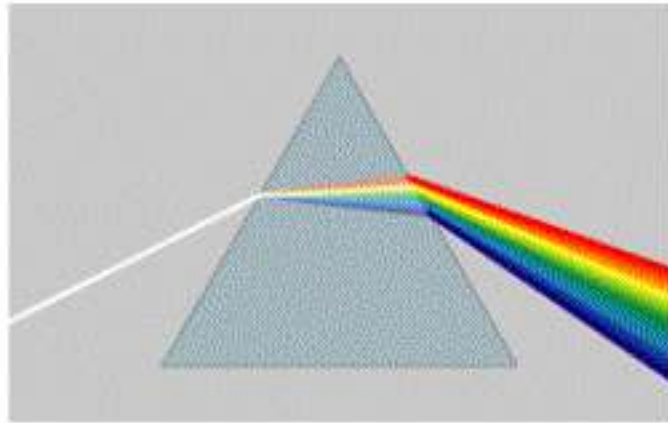
Επομένως και ο δείκτης διάθλασης εξαρτάται από το μήκος κύματος.



Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως **διασπορά ή διασκεδασμός** και επηρεάζει σημαντικά ορισμένα αποτελέσματα πειραμάτων που γίνονται χρησιμοποιώντας λευκό φως.

Ο όρος «λευκό φως» χρησιμοποιείται γενικά για να περιγράψει ένα ευρύ μείγμα κυμάτων φωτός, διαφορετικού χρώματος (συχνότητα ή μήκος κύματος).

# Διασκεδασμός – Ανάλυση του φωτός

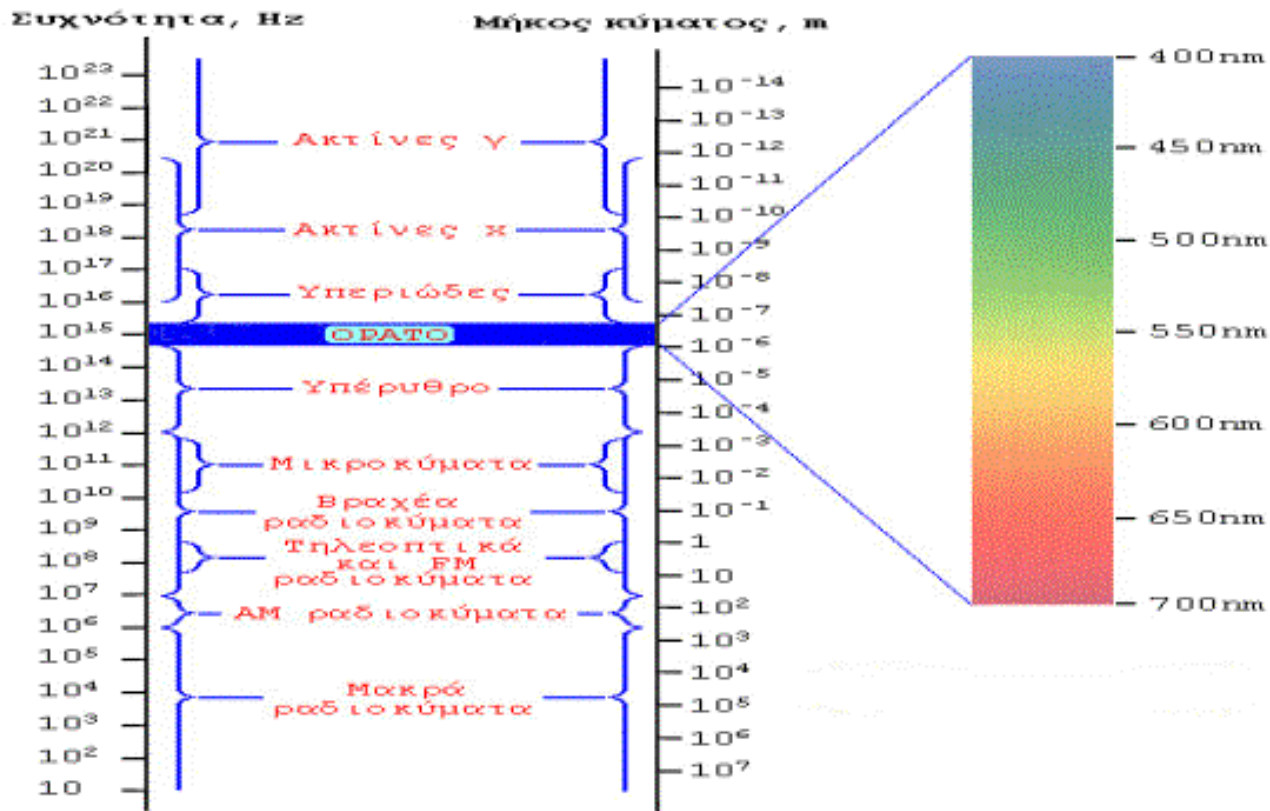


Η ταχύτητα του φωτός στο κενό είναι η ίδια για όλα τα μήκη κύματος αλλά σε ένα υλικό μέσο είναι διαφορετική για διαφορετικά μήκη κύματος.

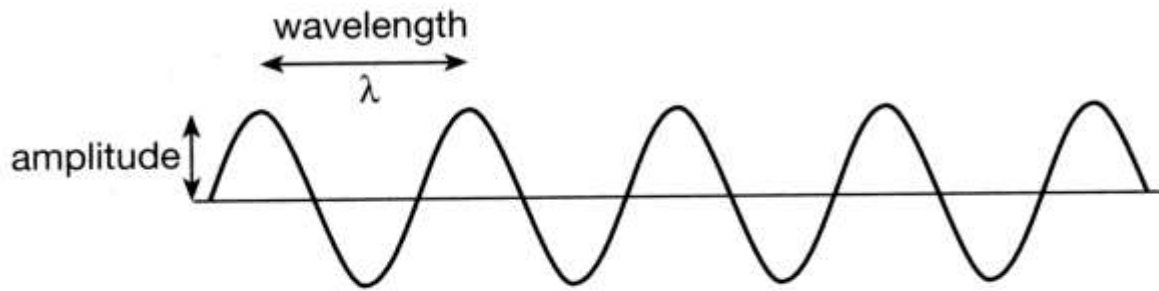
Η τιμή του  $n$  συνήθως μειώνεται αυξανόμενου του μήκους κύματος και επομένως αυξάνεται αυξανόμενης της συχνότητας. Φως μεγαλύτερου μήκους κύματος έχει συνήθως μεγαλύτερη ταχύτητα σε ένα υλικό από φως μικρότερου μήκους κύματος

# Ηλεκτρομαγνητικό Φάσμα

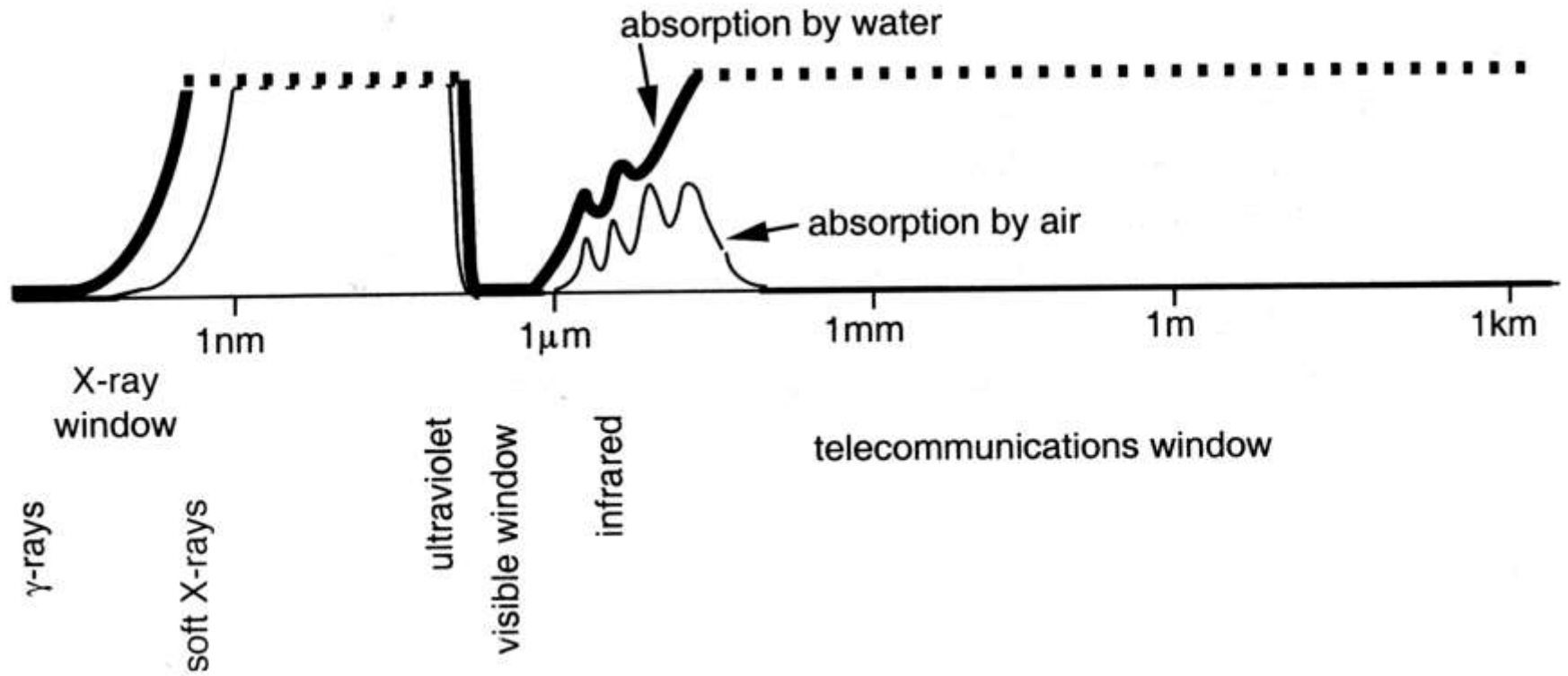
$$1\text{nm} = 10^{-9}\text{ m}$$







**Fig. 1.1** A sinusoidal wave, showing wavelength and amplitude.

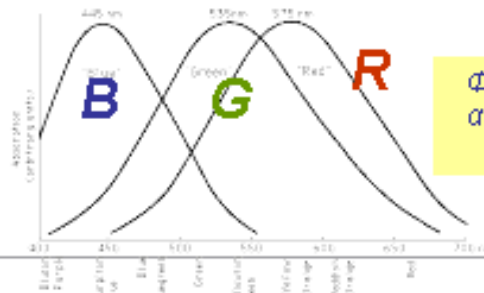


# Τύποι Η/Μ κυμάτων

- **Ραδιοκύματα:**  $\lambda > 1\text{m}$ , εκπέμπονται/ανιχνεύονται από κεραιές ραδιοφώνου.
- **Μικροκύματα:**  $0,01\text{m} < \lambda < 1\text{m}$ , (κινητά, ραντάρ, θερμική ακτινοβολία φούρνων μικροκυμάτων). Οριο  $\lambda$  για ηλεκτρονική παραγωγή Η/Μ κυμάτων =  $1\text{mm}$ .
- **Υπέρυθρο:**  $10^{-7}\text{ m} < \lambda < 10^{-3}\text{ m}$ . Απορροφάται από την ύλη και μετατρέπεται σε θερμότητα (κινητική – δυναμική ενέργεια μορίων) – θερμική ακτινοβολία
- **Ορατό:**  $4 \cdot 10^{-7}\text{ m} < \lambda < 7 \cdot 10^{-7}\text{ m}$  ( $700\text{ nm}$  = Ερυθρό,  $400\text{ nm}$  = Ιώδες). Ανιχνεύεται από το μάτι σαν χρώμα (ανάλογα με το  $\lambda$ ).
- **Υπεριώδες:**  $10\text{ nm} < \lambda < 400\text{ nm}$
- **Ακτίνες Χ:**  $\lambda < 10\text{ nm}$ , Παράγεται από άτομα που βομβαρδίζονται από ηλεκτρόνια
- **Ακτίνες γ:** Παράγονται από πυρήνες ή σε πυρηνικές αντιδράσεις

# Αντίληψη του χρώματος

χρώμα	Περιοχή $\lambda$	Περιοχή $f$
κόκκινο	~ 625-740 nm	~ 480-405 THz
πορτοκαλί	~ 590-625 nm	~ 510-480 THz
κίτρινο	~ 565-590 nm	~ 530-510 THz
πράσινο	~ 500-565 nm	~ 600-530 THz
γαλάζιο	~ 485-500 nm	~ 620-600 THz
μπλέ	~ 440-485 nm	~ 680-620 THz
ιώδες	~ 380-440 nm	~ 790-680 THz

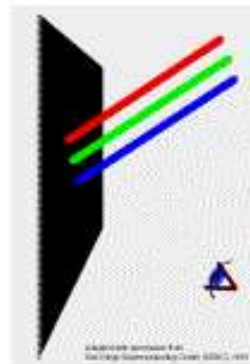
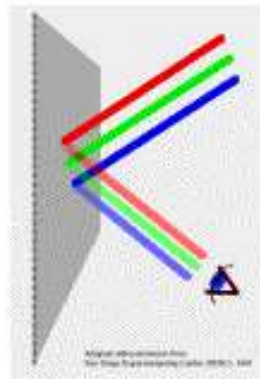
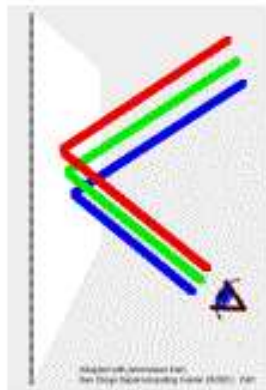


Φασματική απόκριση των φωτο-ανιχνευτών του ματιού (κώνοι)

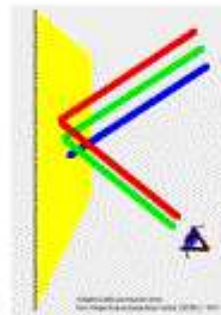
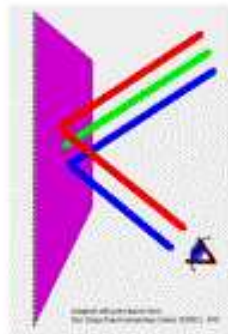
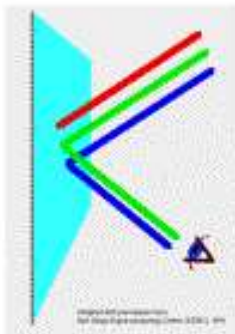


# Χρώματα από ανάκλαση

- Χρώμα επιφάνειας από ανάκλαση λευκού φωτός



Λευκό, Φαιό, Μαύρο



Κυανό, Μωβ (magenta), Κίτρινο

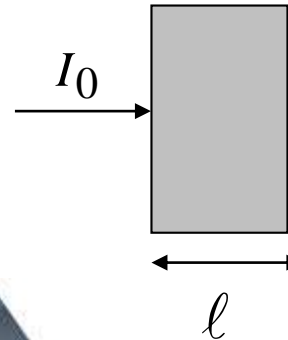
# Απορρόφηση του Φωτός απο την Ύλη

## Φασματοσκοπία απορρόφησης (UV, ορατού)

(χρήσιμη για να μετράμε την συγκέντρωση  
C ουσιών σε διάλυμα)



Φασματοφωτόμετρο  
απορρόφησης



$$A = \log \frac{I_0}{I} = C \cdot \epsilon \cdot \ell$$

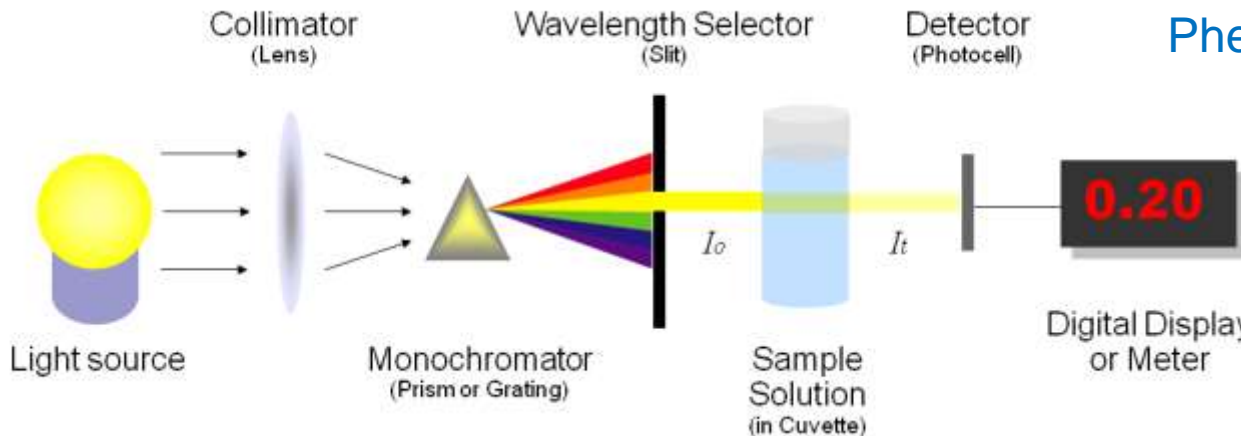
Νόμος Beer-Lambert.

όπου:

C η συγκέντρωση

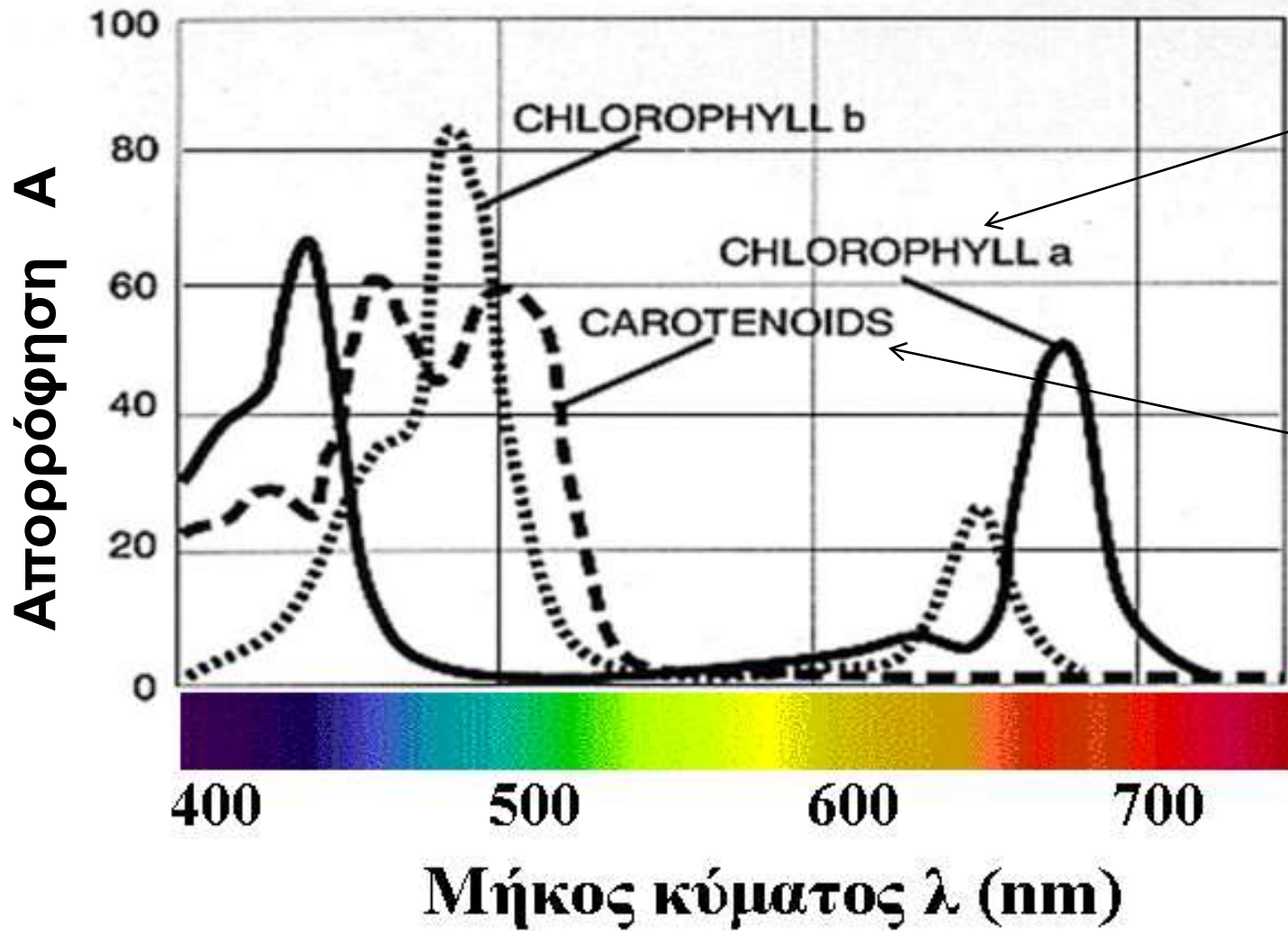
$\ell$  το μήκος του δείγματος

$\epsilon$  γραμμομοριακός  
συντελεστής απορρόφησης



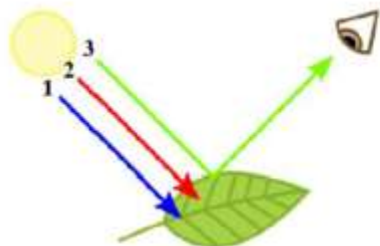
Phet : εργαστήριο νόμου Beer

# Απορρόφηση από χρωστικές



## Παλαιό θέμα εξετάσεων

3. (1 μον.) Στο Σχήμα που ακολουθεί φαίνονται οι ακτίνες που αντιστοιχούν στα 3 βασικά χρώματα (ερυθρό, πράσινο, κυανό - RGB: Red, Green, Blue) της ορατής ακτινοβολίας από τον Ήλιο και η πορεία τους μετά την πρόσπτωσή τους σε ένα πράσινο φύλλο. Αντιστοιχήστε τις ακτίνες με τα χρώματα και τα μήκη κύματος:

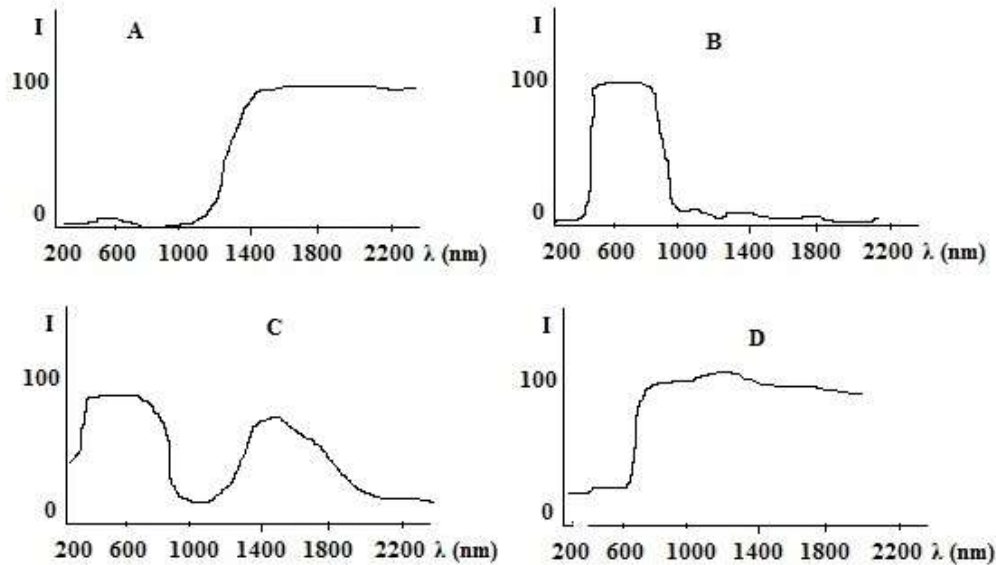


<u>Ακτίνα</u>	<u>Χρώμα</u>	<u>Μήκος κύματος (nm)</u>
1	Ερυθρό	700–635
2	Κυανό	560–520
3	Πράσινο	490–450

Σχεδιάστε ποιοτικό διάγραμμα απορρόφησης  $A(\lambda)$ , για το φαινόμενο που αναπαρίσταται στο Σχήμα.

## Παλιό θέμα εξετάσεων

Τα παρακάτω φάσματα εκφράζουν το ποσοστό ακτινοβολίας που περνά μέσα από το αντίστοιχο υλικό σε συνάρτηση με το μήκος κύματος



α) Ποιο είναι το χρώμα του φωτός που περνά μέσα από ένα λεπτό φύλλο υλικού για κάθε περίπτωση; (λευκό, μαύρο η κόκκινο)

A ..... B ..... C ..... D .....

β) Ποιο υλικό είναι πιο κατάλληλο για κατασκευή θερμοκηπίου; Εξηγείστε γιατί.



# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

# ΕΙΔΗ ΚΥΜΑΤΩΝ

Τα οδεύοντα κύματα στα οποία η διαταραχή της μεταβλητής ποσότητας (πίεση, στάθμη, πεδίο κλπ) συμβαίνει **κάθετα** προς την διεύθυνση διάδοσης του κύματος ονομάζονται **εγκάρσια** κύματα

Αντίθετα, τα οδεύοντα κύματα στα οποία η διαταραχή της μεταβλητής ποσότητας συμβαίνει **παράλληλα** προς την διεύθυνση διάδοσης του κύματος ονομάζονται **διαμήκη** κύματα

