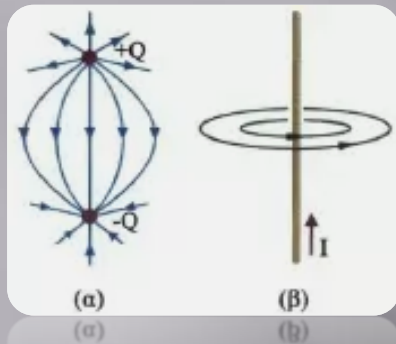


# ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

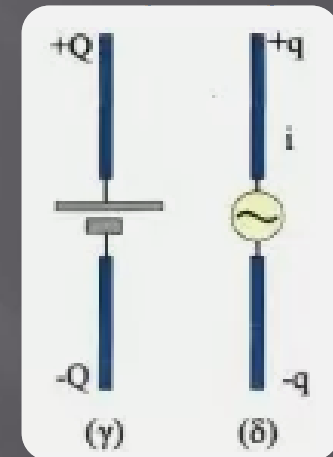


## Β' Λυκείου...

- (α) Ηλεκτρικό πεδίο δύο σημειακών φορτίων.  
(β) Μαγνητικό πεδίο ευθύγραμμου αγωγού.

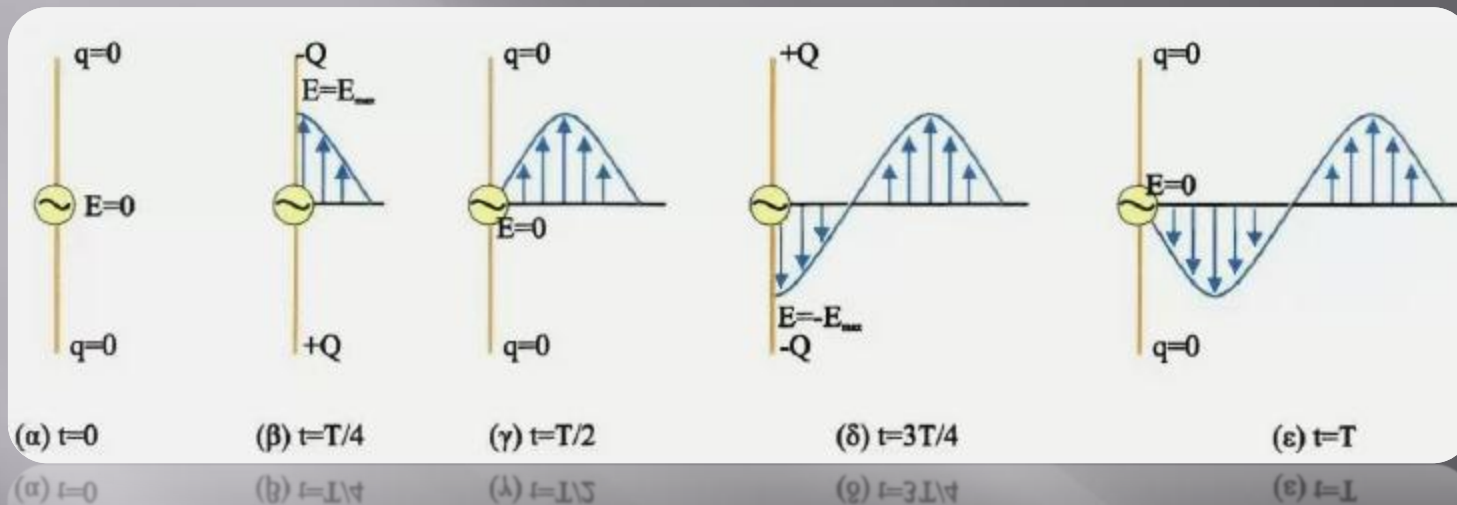
## Νέο ! ...

- (γ) Μεταλλικοί αγωγοί συνδέονται με πηγή συνεχούς τάσης. Οι αγωγοί φορτίζονται με φορτία  $\pm Q$ .  
(δ) Οι αγωγοί συνδέονται με γεννήτρια εναλλασσόμενης τάσης. Το φορτίο των αγωγών μεταβάλλεται ημιτονοειδώς με το χρόνο. Η διάταξη διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα.



Το σύστημα αυτών των αγωγών ονομάζεται **ταλαντούμενο ηλεκτρικό δίπολο**.

Εξήγηση δημιουργίας και χαρακτηριστικών του ηλεκτρικού πεδίου, που παράγει το δίπολο



Το φορτίο μεταβάλλεται ημιτονοειδώς →

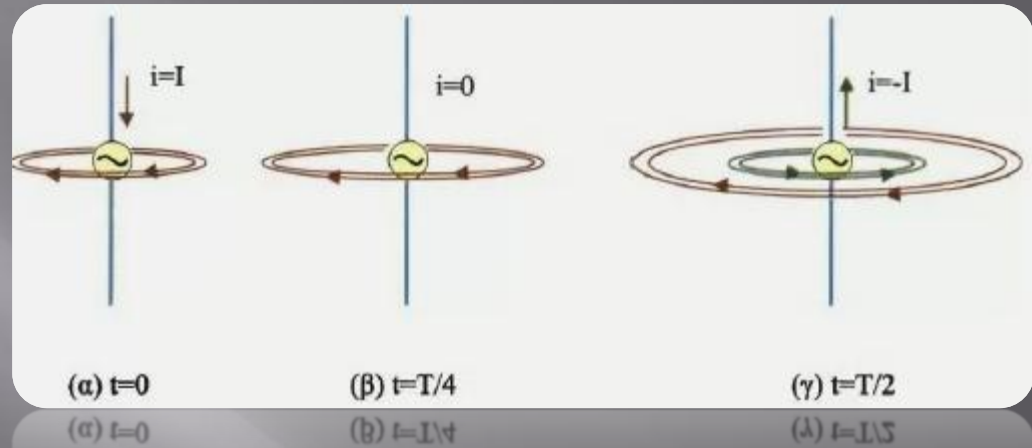
Εμφανίζονται δυναμικές γραμμές →

Εμφανίζεται το διάνυσμα της έντασης εφαπτόμενο... →

Εφαπτόμενο –για την ευθεία διάδοση  $x'x$  - σημαίνει παράλληλο στο δίπολο →

που ακολουθεί τον ημιτονοειδή χαρακτήρα του φορτίου... → ...και **διαδίδεται !**

# Εξήγηση δημιουργίας και χαρακτηριστικών του μαγνητικού πεδίου, που παράγει το δίπολο



Το ταλαντούμενο ηλεκτρικό δίπολο διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα και δημιουργεί γύρω του μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο, το οποίο διαδίδεται ! Το διάνυσμα της έντασης  $B$ , είναι εφαπτόμενο στις μαγνητικές δυναμικές γραμμές και επομένως κάθετο στο δίπολο.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΙΚΑ :

Ηλεκτρομαγνητικό κύμα είναι η ταυτόχρονη διάδοση ενός ηλεκτρικού και ενός μαγνητικού πεδίου. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαδίδονται στο κενό με την ταχύτητα του φωτός. Σε όλα τα υλικά διαδίδονται με μικρότερη ταχύτητα.

Από τη μελέτη των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων διαπιστώθηκε ότι :

Το ηλεκτρομαγνητικό κύμα είναι **εγκάρσιο**

Τα διανύσματα του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου είναι **κάθετα** μεταξύ τους και κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος.

Κάθε στιγμή το πηλίκο των μέτρων των εντάσεων του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου ισούται με την ταχύτητα του φωτός

$$\left( \frac{E}{B} = c \right)$$

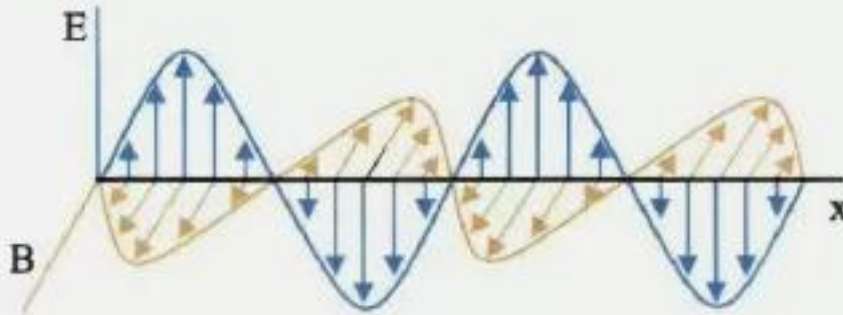
Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα - όπως και τα μηχανικά - **υπακούουν στην αρχή της επαλληλίας.**

ΠΩΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΙ :

1. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα δημιουργούνται από μεταβαλλόμενα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία.
2. **Όταν ηλεκτρικά φορτία που επιταχύνονται δημιουργούν ηλεκτρομαγνητικά κύματα.** (θυμήσου τις ακτίνες X )



## Το στιγμιότυπο και οι ...εξισώσεις



Στιγμιότυπο αρμονικού ηλεκτρομαγνητικού κύματος, διαδιδόμενου κατά τη διεύθυνση x.

Στιγμιότυπο αρμονικού ηλεκτρομαγνητικού κύματος, διαδιδόμενου κατά τη διεύθυνση x.

$$E = E_{\max} \eta\mu 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$
$$B = B_{\max} \eta\mu 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

Κατά την ταλάντωση του φορτίου στην κεραία παράγεται ηλεκτρομαγνητικό κύμα. Το ρεύμα στην κεραία γίνεται μέγιστο όταν τα φορτία στα άκρα της μηδενίζονται ενώ όταν τα φορτία έχουν μέγιστη τιμή, το ρεύμα μηδενίζεται.

Αυτό σημαίνει ότι, κοντά στην κεραία, το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο έχουν διαφορά φάσης  $90^\circ$  (όταν το ένα είναι μέγιστο το άλλο είναι μηδέν). Σε μεγάλη όμως απόσταση από την κεραία τα δύο πεδία είναι σε φάση.

2.20 Ποια από τις εξισώσεις που ακολουθούν δεν μπορεί να περιγράψει το ηλεκτρικό πεδίο ενός αρμονικού ηλεκτρομαγνητικού κύματος που διαδίδεται στο κενό;

α)  $E = 100\eta\mu 2\pi(6 \times 10^{-10}t - 2 \times 10^2 x)$

β)  $E = 50\eta\mu 2\pi(12 \times 10^{-12}t - 4 \times 10^4 x)$

γ)  $E = 100\eta\mu 2\pi(9 \times 10^{-13}t - 3 \times 10^6 x)$

Όλα τα μεγέθη εκφράζονται στο SI. ( $c=3 \times 10^8 \text{m/s}$ )

Όλα τα πεδία εκφράζονται στο SI ( $c=3 \times 10^8 \text{m/s}$ )

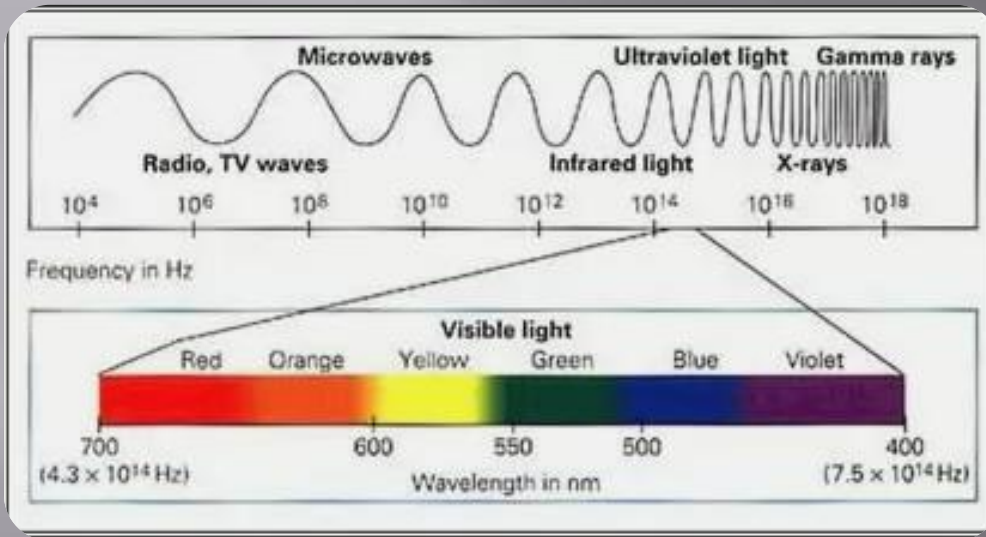
α)  $E = 100\eta\mu 2\pi(6 \times 10^{-10}t - 3 \times 10^2 x)$

*Πρέπει απλά να υπολογίσουμε την ταχύτητα διάδοσης και να προκύψει ίση με c.*

Πότε ένα ζεύγος  $E=f(x,t)$  και  $B=f(x,t)$  συνθέτουν ηλεκτρομαγνητικό κύμα ;

- Διαδίδονται με  $c$
- Είναι συμφασικά
- ...και  $E/B = c$

# ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ



**Ραδιοκύματα.** Δημιουργούνται από ηλεκτρονικά κυκλώματα, όπως τα κυκλώματα LC, και χρησιμοποιούνται στη ραδιοφωνία και την τηλεόραση.

**Μικροκύματα.** Παράγονται από ηλεκτρονικά κυκλώματα. Χρήση σε φούρνους μικροκυμάτων στα ραντάρ.

**Υπέρυθρα κύματα.** Εκπέμπονται από τα θερμά σώματα και απορροφώνται εύκολα από τα περισσότερα υλικά, αυξάνοντας έτσι τη θερμοκρασία τους.

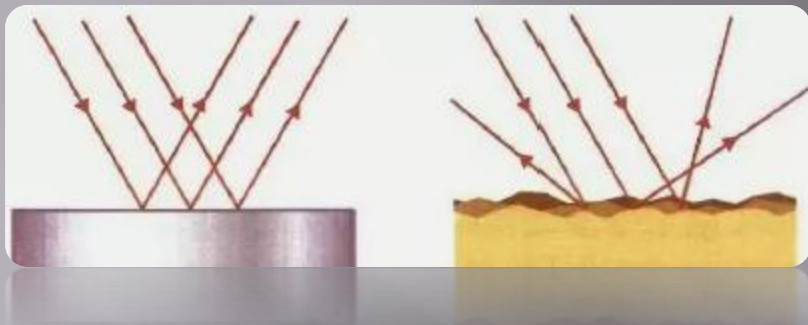
**Το ορατό φως.** Είναι το μέρος εκείνο της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που ανιχνεύει ο ανθρώπινος οφθαλμός. Το μήκος κύματος του ορατού φωτός κυμαίνεται από 400 nm έως 700 nm

**Υπεριώδης ακτινοβολία.** Αόρατη, προκαλεί το γνωστό «μαύρισμα» (μελανίνη), το ατμοσφαιρικό όζον μας προστατεύει, αποστείρωση εργαλείων, καρκίνος δέρματος,...

**Οι ακτίνες X** (ή ακτίνες Rontgen) για ακτινογραφίες και μελέτη **κρυσταλλικών δομών**. Βλάβες...

**Οι ακτίνες γ.** παράγονται από ραδιενεργούς πυρήνες. Διεισδυτικές. προκαλούν βλάβες στα κύτταρα

# Ανακλαση διαθλαση



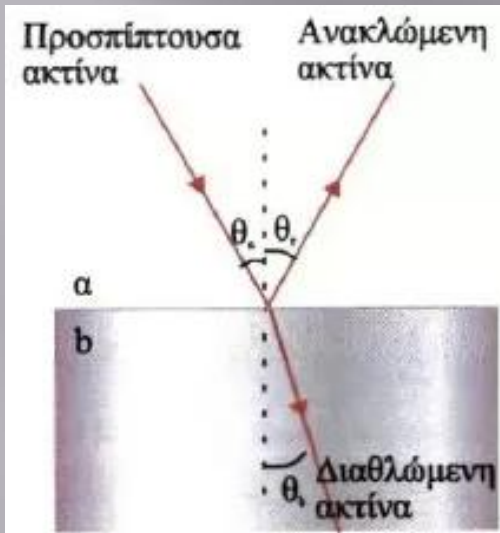
Κατοπτρική ανάκλαση και διάχυση δέσμης



## Ανάκλαση ακτίνας

1. Η προσπίπτουσα ακτίνα, η ανακλώμενη και η κάθετη στην επιφάνεια στο σημείο πρόσπτωσης, βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο.
2. Η γωνία ανάκλασης  $\theta_r$  είναι ίση με τη γωνία πρόσπτωσης  $\theta_a$



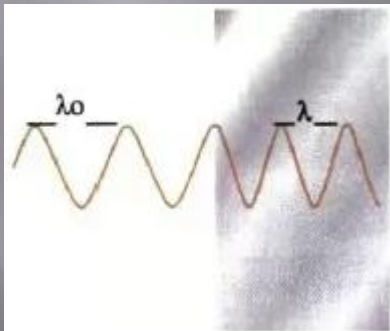


## Διάθλαση ακτίνας

1. Η προσπίπτουσα ακτίνα, η διαθλώμενη και η κάθετη στη διαχωριστική επιφάνεια των δύο μέσων, στο σημείο πρόσπτωσης της ακτίνας βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο.

2. Ισχύει ο νόμος του Snell

$$n_{\alpha} \eta \mu \theta_{\alpha} = n_{\beta} \eta \mu \theta_{\beta}$$

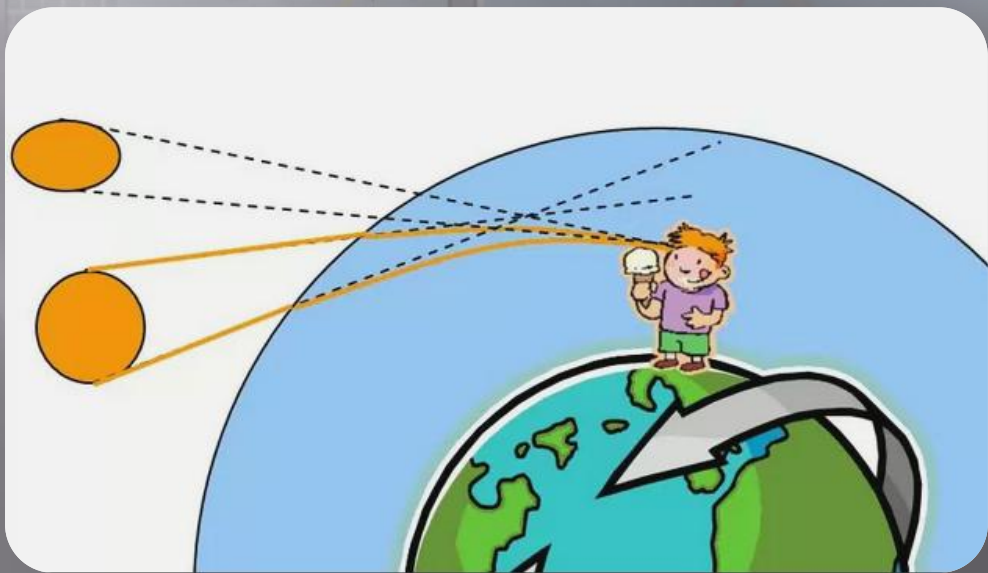
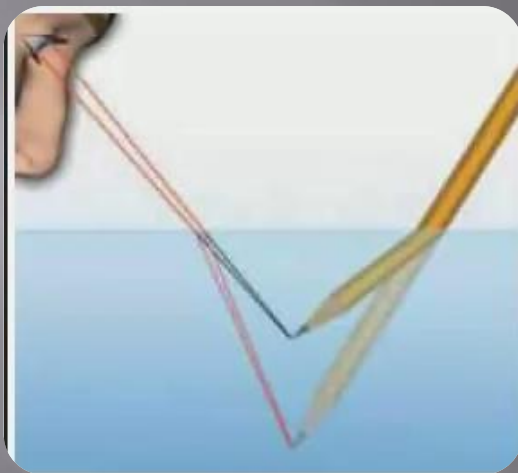
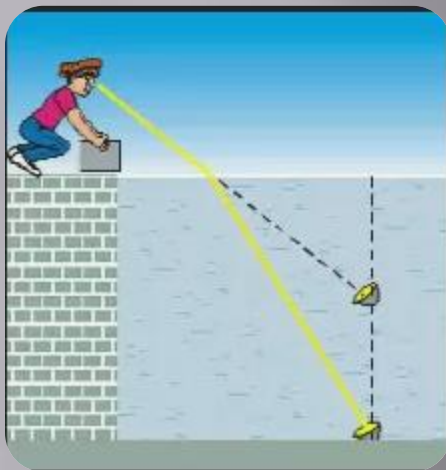


Η διαθλώμενη ακτίνα πλησιάζει ή απομακρύνεται από την κάθετο

Αλλάζει η ταχύτητα και το μήκος κύματος ( όχι η  $f$  ). Την αλλαγή υπολογίζουμε με τον δείκτη διάθλασης  $n \geq 1$

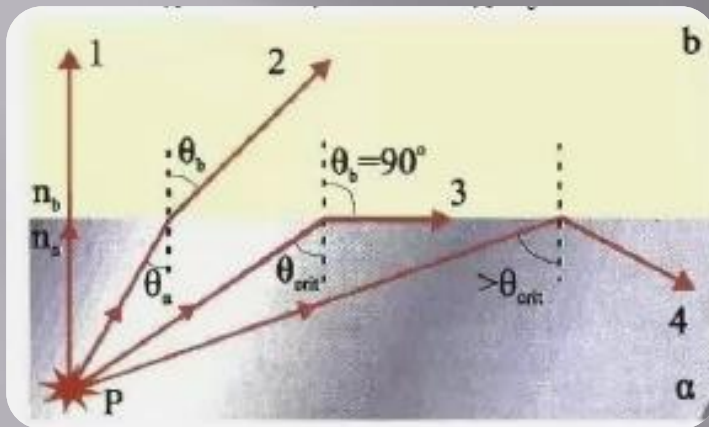
Ισχύει η αρχή αντιστρόφου πορείας του φωτός

## Φαινόμενα ανύψωση...



Η φαινόμενη ανύψωση οφείλεται στην αίσθηση ότι το αντικείμενο βρίσκεται στην προέκταση των ακτίνων που εισέρχονται στο μάτι.

## Ολική ανάκλαση



Για να συμβεί :

Η ακτίνα να θέλει να πάει σε οπτικά πυκνότερο υλικό.

Η γωνία προσπτώσεως να είναι μεγαλύτερη της  $\theta_{crit}$

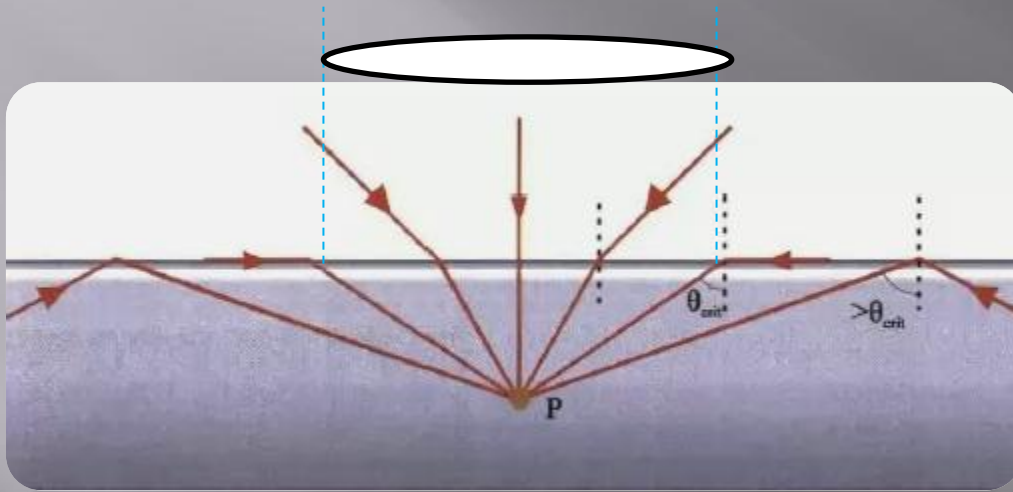
$\theta_{crit}$  : εκείνη η γωνία πρόσπτωσης, για την οποία  $\delta=90$  μοίρες !

### **ΠΡΟΣΟΧΗ !**

Σε κατάσταση  $\theta_{crit}$  ισχύει ο νόμος του Snell, ενώ σε κατάσταση ολικής ανάκλασης όχι

Οι ασκήσεις απαιτούν την σχεδίαση χαρακτηριστικών ακτίνων...

## Δύτης και η ...διάθλαση.



Ο δύτης όταν κοιτάει επάνω, αντιλαμβάνεται μια κυκλική φωτεινή περιοχή, από την οποία περνούν ακτίνες και φτάνουν μέχρι το μάτι του.

Η περιοχή πέριξ της κυκλικής είναι πιο σκοτεινή, διότι ακτίνες αυτής της περιοχής δεν μπορούν να φτάσουν στο μάτι.

**Η φωτεινή περιοχή υπολογίζεται από την  $\theta_{crit}$  !**