

# Η ΦΥΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Ερωτήσεις θεωρίας

Ποιες ενδιαφέρουσες θεωρίες διατυπώθηκαν για τη φύση του φωτός;

Απάντηση

Οι αρχαίοι Έλληνες πίστευαν ότι το φως που εκπέμπει ο Ήλιος και οι διάφορες φωτεινές πηγές, αποτελείται από μικρά σωματίδια που κινούνται με μεγάλη ταχύτητα και όταν πέφτουν στο μάτι του παρατηρητή διεγείρουν το αισθητήριο της όρασης. Υποστήριζαν δηλαδή ότι το φως είχε "σωματιδιακή φύση". Πολύ αργότερα ο Νεύτωνας, δεχόμενος τη σωματιδιακή φύση του φωτός και στηριζόμενος στην αρχή διατήρησης της ενέργειας και της ορμής, διατύπωσε το νόμο της ανάκλασης του φωτός. Δηλαδή ότι όταν μια φωτεινή ακτίνα πέφτει σε επίπεδη κατοπτρική επιφάνεια ανακλάται και η γωνία προσπτώσεως ( $\pi$ ) ισούται με τη γωνία ανακλάσεως ( $\alpha$ ). Αργότερα οι Huygens (1670) και Young (1803) απέδειξαν ότι το φως έχει "κυματική φύση" και συγκεκριμένα είναι εγκάρσια κύματα.

Το 1865 ο Maxwell απέδειξε ότι το φως είναι εγκάρσια ηλεκτρομαγνητικά κύματα.

Και τον 20ο αιώνα ο MAX PLANCK ερμήνευσε την ακτινοβολία των θερμών σωμάτων και ο Einstein το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, στηριζόμενοι στη σωματιδιακή φύση του φωτός.

Σήμερα πιστεύουμε στη διπλή φύση του φωτός. Δηλαδή το φως συμπεριφέρεται σαν κύμα (φαινόμενα συμβολής περίθλασης, πόλωσης του φωτός) και σαν σωματίο, που ονομάζεται φωτόνιο (φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, απορρόφηση - εκπομπή φωτός από την ύλη).

## Ποια είναι τα βασικά σημεία της ηλεκτρομαγνητικής θεωρίας του Maxwell ;

Απάντηση

Ο Maxwell το 1873 διατύπωσε τη θεωρία της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σύμφωνα με την οποία:

- Το φως είναι εγκάρσια ηλεκτρομαγνητικά κύματα που ξεκινούν από τη φωτεινή πηγή και κινούνται προς όλες τις κατευθύνσεις.
- Το ηλεκτρομαγνητικό κύμα (που παράγεται από ταλαντούμενο ηλεκτρικό φορτίο) αποτελείται από ένα ηλεκτρικό και ένα μαγνητικό πεδίο, των οποίων οι εντάσεις  $E$  και  $B$  αντίστοιχα, είναι κάθετα μεταξύ τους διανύσματα και μεταβάλλονται περιοδικά.

Οι εντάσεις  $E$  και  $B$  παίρνουν ταυτόχρονα τη μέγιστη και την ελάχιστη τιμή τους, δηλαδή έχουν την ίδια φάση και διαδίδονται με την ίδια ταχύτητα. Χαρακτηρίζονται δε ως τοπικά και χρονικά μεταβαλλόμενα μεγέθη.

Οι εντάσεις  $E$  και  $B$  των πεδίων είναι κάθετες στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος και γι' αυτό τα κύματα ονομάζονται εγκάρσια.

Το φως μεταφέρει ενέργεια που είναι ενέργεια ηλεκτρικού και ενέργεια μαγνητικού πεδίου.

## Ποια είναι η θεμελιώδης εξίσωση της κυματικής;

Απάντηση

Το μήκος κύματος  $\lambda$ , η ταχύτητα διάδοσης του ηλεκτρομαγνητικού κύματος  $c$  και η συχνότητα συνδέονται με τη σχέση:

$c = \lambda \cdot f$  που αποτελεί τη θεμελιώδη εξίσωση της κυματικής.

## Τι είναι το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο;

### Απάντηση

Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο είναι το φαινόμενο εκπομπής ηλεκτρονίων από την επιφάνεια των μετάλλων, όταν πέφτει επάνω τους κατάλληλη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

Αναφέρετε κάποια φαινόμενα που δεν εξηγούνται με την "κυματική φύση του φωτός".

### Απάντηση

Το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, όπως και οι νόμοι που διέπουν την εκπομπή και απορρόφηση ακτινοβολίας από τα άτομα της ύλης, δεν εξηγούνται με την παραδοχή ότι το φως είναι μόνο κύμα.

Πώς ερμηνεύει η κβαντική θεωρία του PLANCK την εκπομπή και την απορρόφηση του φωτός;

### Απάντηση

Η ηλεκτρομαγνητική θεωρία του φωτός, δεν κατόρθωσε να ερμηνεύσει φαινόμενα που σχετίζονται με την αλληλεπίδραση της φωτεινής ακτινοβολίας με την ύλη (π.χ. φωτοηλεκτρικό φαινόμενο). Για την εξήγηση αυτών των φαινομένων ο PLANCK το 1900 διατύπωσε τη θεωρία των κβάντα, σύμφωνα με την οποία:

Το φως (και κάθε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία) εκπέμπεται και απορροφάται από τα άτομα της ύλης ασυνεχώς, δηλαδή όχι με συνεχή τρόπο, αλλά κατά στοιχειώδη ποσά ενέργειας (κυματοπακέτα), που ονομάζονται κβάντα φωτός ή φωτόνια.

Κάθε φωτόνιο (κβάντουμ) μιας ακτινοβολίας έχει ενέργεια που δίνεται από τη σχέση:

$$E=h \cdot f$$

όπου  $f$  η συχνότητα της ακτινοβολίας και  $h$  η σταθερά του PLANCK:  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ j.s}$

Το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο εξηγείται με την ηλεκτρομαγνητική θεωρία του Maxwell. Σωστό ή λάθος; Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

Απάντηση

Λάθος. Το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο εξηγείται με τη θεωρία των κβάντα, που δέχεται την κυματική αλλά και τη σωματιδιακή φύση του φωτός. Όταν το φως προσπίπτει στα μέταλλα, ενέργεια από ένα φωτόνιο (κβάντουμ) μεταφέρεται σε ένα ηλεκτρόνιο του μετάλλου. Δηλαδή, το ηλεκτρόνιο αλληλεπιδρά με το φωτόνιο σαν να είναι το φωτόνιο σωματίδιο.

Η θεωρία των κβάντα αναιρεί την κυματική φύση του φωτός. Σωστό ή λάθος; Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

Απάντηση

Λάθος. Σύμφωνα με τη θεωρία των κβάντα τα φωτόνια είναι σωματίδια - κύματα. Είναι πακετάκια ενέργειας που υπό μορφή κύματος εκπέμπονται ασυνεχώς από την ύλη (σαν σωματίδια). Δηλαδή τα κβάντα (φωτόνια) έχουν διπλή υπόσταση: σωματιδίου και κύματος.

Πόση ενέργεια μεταφέρουν στα ηλεκτρόνια ενός μετάλλου 1.000 φωτόνια μονοχρωματικού φωτός μήκους κύματος 600 nm όταν προσπίπτουν στο μέταλλο; Δίνονται:  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$  και ταχύτητα φωτός:  $3 \cdot 10^{10} \text{ cm/s}$ .

## Ερωτήσεις – Ασκήσεις

1. Σημειώστε με Σ τις σωστές και με Λ τις λανθασμένες προτάσεις,
- α) Οι αρχαίοι Έλληνες υποστήριζαν την κυματική φύση του φωτός,
  - β) Ο Νεύτωνας υποστήριξε τη σωματιδιακή φύση του φωτός.
  - γ) Ο Maxwell υποστήριξε ότι το φως είναι εγκάρσια ηλεκτρομαγνητικά κύματα,
  - δ) Σήμερα δεχόμαστε ότι το φως είναι κύμα και όχι σωματίο.
2. Να βρείτε σε nm το μήκος κύματος ορατού φωτός συχνότητας  $5 \cdot 10^{14}$  Hz. Η ταχύτητα διάδοσης του φωτός είναι  $3 \cdot 10^{10}$  cm/s.
3. Σημειώστε με Σ τις σωστές και με Λ τις λανθασμένες προτάσεις,
- α) Η ηλεκτρομαγνητική θεωρία του Maxwell εξηγούσε το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο.
  - β) Ο Einstein διατύπωσε τη θεωρία των κβάντα.
  - γ) Η ενέργεια, άρα και το φως απορροφάται από την ύλη ασυνεχώς.
  - δ) Η ενέργεια είναι κβαντισμένο μέγεθος.
  - ε) Η ενέργεια ενός φωτονίου δίνεται από τη σχέση  $E = h \cdot f$  ( $h$  = σταθερά του PLANCK).
4. Να βρείτε την ενέργεια ενός φωτονίου μονοχρωματικού φωτός, μήκους κύματος 0,6 μm.

**Αντιστοιχίστε τις θεωρίες για τη φύση του φωτός της δεξιάς στήλης με τους υποστηρικτές τους της αριστερής στήλης, συνδυάζοντας τους αριθμούς με τα γράμματα (π.χ. 1-γ):**

- |                    |                                  |
|--------------------|----------------------------------|
| 1. Αρχαίοι Έλληνες | α. κυματική φύση                 |
| 2. Νεύτωνας        |                                  |
| 3. Huygens         | β. σωματιδιακή φύση              |
| 4. Young           |                                  |
| 5. Maxwell         | γ. κυματική και σωματιδιακή φύση |
| 6. Planck          |                                  |
| 7. Einstein        |                                  |
| 8. Σύγχρονη άποψη  |                                  |

**Επίπεδο κάτοπτρο**  
βρίσκεται οριζόντιο στο μέσο μιας βάρκας. Ο βαρκάρης, που απέχει 2 m από το κέντρο του κατόπτρου, βλέπει στο κάτοπτρο το φάρο



Φ, που βρίσκεται σε οριζόντια απόσταση 20 m από το κάτοπτρο.

Αν τα μάτια του βαρκάρη απέχουν 1,5 m από το επίπεδο της βάρκας, να βρείτε πόσο απέχει ο φάρος από το επίπεδο της βάρκας.

## 1.2 Η ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

### Ερωτήσεις θεωρίας

**1.2.1.** Περιγράψτε τον τρόπο με τον οποίο ο Fizeau μέτρησε την ταχύτητα του φωτός.

#### Απάντηση

Ο Fizeau το 1849 με απλά μηχανικά μέσα μέτρησε την ταχύτητα του φωτός.

Από πηγή φωτός  $\Pi$ , εκπέμπεται ακτίνα που ανακλάται στη γυάλινη πλάκα  $K_2$  (σχήμα) διανύει την απόσταση  $\ell$ , πέφτει στο κάτοπτρο  $K_1$ , ανακλάται, επιστρέφει από την ίδια διαδρομή και παρατηρείται από παρατηρητή που βρίσκεται πίσω από την  $K_2$ .



Πριν από την πλάκα  $K_2$  παρεμβάλλεται στο δρόμο της ακτίνας που επιστρέφει, οδοντωτός τροχός

$T$ , που περιστρέφόμενος, διακόπτει την ακτίνα φωτός ή την αφήνει να περνά.

Όταν ο τροχός περιστρέφεται αργά, ο παρατηρητής βλέπει περιοδικά φως και σκοτάδι. Αυξάνοντας την ταχύτητα του τροχού, θα έλθει στιγμή που ο παρατηρητής δεν βλέπει φως, γιατί η ακτίνα που πέρασε από το διάκενο μεταξύ δύο διαδοχικών δοντιών του τροχού, επιστρέφει (μετά την ανάκλασή της στο κάτοπτρο  $K_1$ ) και συναντά το δόντι του τροχού.

Αν αυξηθεί η ταχύτητα περιστροφής του τροχού, το φως φαίνεται, γιατί περνάει από το επόμενο διάκενο. Αν ο τροχός περιστρέφεται με συχνότητα  $f$  (στροφές /s) τότε:

Σε χρόνο μιας περιόδου  $T = \frac{1}{f}$  ο τροχός εκτελεί μία στροφή. Αν ο τροχός έχει  $N$  δόντια, κατά την περιστροφή του:

Σε χρόνο μιας περιόδου  $T = 1/f$  εκτελεί μια στροφή. Αν ο τροχός έχει  $N$  δόντια σε χρόνο  $1/f$  στρέφεται κατά  $N$  δόντια. Άρα για να στραφεί κατά 1 δόντι χρειάζεται χρόνο  $t = \frac{1/f}{N} = \frac{1}{f \cdot N}$

Στο χρόνο αυτό το φως διανύει την απόσταση  $2\ell$ .

Άρα, η ταχύτητά του θα είναι:  $c = \frac{2\ell}{t} = 2\ell \cdot f \cdot N$

Ο Fizeau από τα γνωστά μεγέθη  $\ell$ ,  $f$ ,  $N$  υπολόγισε το μέτρο της ταχύτητας του φωτός  $c = 3,1 \cdot 10^8$  m/s με σφάλμα περίπου 1%.