

# ΤΟ ΦΩΣ & Η ΟΠΤΙΚΗ

*Συγγραφή – Επιμέλεια: Παναγιώτης Φ. Μοίρας*

**EMC<sup>2</sup>**

Με την ανάπτυξη της ηλεκτρομαγνητικής θεωρίας του Maxwell, που προέβλεψε την ύπαρξη των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων και την ταχύτητα διάδοσής τους, αποδείχθηκε ότι το φως είναι ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα.

Η κυματική αναπαράσταση του φωτός όμως δεν μπόρεσε να ερμηνεύσει αρκετά φαινόμενα που σχετίζονται με την εκπομπή και απορρόφηση του φωτός καθώς και της αλληλεπίδρασής του με την ύλη και έτσι εισήχθη και η σωματιδιακή φύση του φωτός, σύμφωνα με την οποία η ενέργεια που μεταφέρεται από τα φωτεινά κύματα είναι περιορισμένη σε διακριτά κυματοπακέτα, που ονομάζονται **φωτόνια**.

Σύμφωνα με την θεωρία του Planck η ενέργεια κάθε φωτονίου είναι:

$$E = h\nu$$

όπου  $h$  η σταθερά του Planck και  $\nu$  η συχνότητα του κύματος.

Έτσι θεμελιώθηκε ο κυματοσωματιδιακός δυϊσμός της φύσης του φωτός, που ερμηνεύει τόσο τις κυματικές όσο και τις σωματιδιακές ιδιότητες του φωτός και αποτέλεσε το σημείο εκκίνησης της σύγχρονης Κβαντομηχανικής.

Η ταχύτητα του φωτός στο κενό είναι μια θεμελιώδης σταθερά της φύσης και μέσω μιας σειράς πειραμάτων προσδιορίστηκε στην τιμή  $c = 3 \cdot 10^8$  m/sec.

Επίσης η ταχύτητα του φωτός συνδέεται με τα κυματικά χαρακτηριστικά συχνότητα  $\nu$  και μήκος κύματος  $\lambda$  μέσω της θεμελιώδους κυματικής σχέσης:

$$c = \lambda\nu$$

Σύμφωνα με την αναλλοιώτητα της ταχύτητας του φωτός η μετρούμενη ταχύτητα για το φως είναι η ίδια για όλα τα αδρανειακά συστήματα αναφοράς, δηλαδή ανεξάρτητη από τη σχετική ταχύτητα της πηγής του φωτός και του παρατηρητή. Η μετρούμενη συχνότητα και το μήκος κύματος θα μεταβάλλονται, αλλά πάντα κατά τέτοιο τρόπο ώστε το γινόμενο τους, που είναι η ταχύτητα του φωτός, να παραμένει σταθερό. Αυτό αποτελεί το **φαινόμενο Doppler** για το φως, το οποίο βασίζεται στο σωματιδιακό χαρακτήρα του φωτός και σύμφωνα με αυτό η μετρούμενη συχνότητα είναι:

$$\nu' = \nu \sqrt{\frac{c \mp v}{c \pm v}}$$

όπου  $v$  η ταχύτητα του κινούμενου παρατηρητή ως προς ακίνητη πηγή που εκπέμπει φως συχνότητας  $\nu$ . Τα επάνω πρόσημα της σχέσης αντιστοιχούν σε παρατηρητή απομακρυνόμενο από την πηγή, ενώ τα κάτω για παρατηρητή που προσεγγίζει την πηγή.

Το φως συνήθως ορίζεται ως το ορατό μέρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, αυτό δηλαδή που διεγείρει τον ανθρώπινο οφθαλμό. Οι συχνότητες του ορατού φωτός εκτείνονται από  $7,7 \cdot 10^{14}$  Hz (όριο ορατότητας ιώδους) ως  $3,8 \cdot 10^{14}$  Hz (όριο ορατότητας ερυθρού) και τα αντίστοιχα μήκη κύματος για διάδοση στο κενό είναι 390nm ως 780nm.

Στον ακόλουθο πίνακα παρατίθεται όλο το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα.

**Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα**

Συχνότητα (Hz)	Μήκος κύματος (m)	Είδος	Τυπικές πηγές
$10^{23}$	$10^{-15}$	Κοσμικές ακτίνες	Αστρικό σύστημα
$10^{22}$	$10^{-14}$	Ακτίνες γ	Ραδιενεργοί πυρήνες
$10^{19}-10^{21}$	$10^{-11}-10^{-13}$	Ακτίνες Χ	Διεγερμένα άτομα
$10^{16}-10^{18}$	$10^{-8}-10^{-10}$	Υπεριώδεις ακτίνες	Βολταϊκό τόξο
$10^{15}$	$10^{-7}$ ( $3,9 \cdot 10^{-7} - 7,8 \cdot 10^{-7}$ )	Ορατό φως	Άτομα και μόρια
$10^{12}-10^{14}$	$10^{-4}-10^{-6}$	Υπέρυθρο	Θερμά σώματα
$10^{10}-10^{11}$	$10^{-2}-10^{-3}$	Μικροκύματα	Ηλεκτρονικές διατάξεις
$10^5-10^9$	$10^3-10^{-1}$	Ραδιοκύματα	Ηλεκτρονικές διατάξεις
$10-10^4$	$10^7-10^4$	Κύματα ηλεκτρικής ισχύος	Ηλεκτρικές μηχανές

Ο κλάδος της Φυσικής που μελετά τα φαινόμενα που έχουν σχέση με το φως, της ιδιότητές του και της εφαρμογές του λέγεται **Οπτική**.

Οι εφαρμογές της Οπτικής ξεκίνησαν αρχικά στην κατανόηση της λειτουργίας των οπτικών συστημάτων (κατόπτρων και φακών), η οποία ήταν σημαντική για τη σχεδίαση των τηλεσκοπίων, των μικροσκοπίων, των φωτογραφικών μηχανών και των διορθωτικών γυαλιών. Για να καταλήξει τα τελευταία χρόνια σε μια πρωτοφανή εξέλιξη, τόσο θεωρητική όσο και τεχνολογική, στον τομέα των επικοινωνιών και της μικροηλεκτρονικής, με την ανάπτυξη του laser, των οπτικών ινών, των ολογραμμάτων και των οπτικοηλεκτρονικών συσκευών.

Για διδακτικούς λόγους η Οπτική συνήθως χωρίζεται σε δυο τομείς, τη **Γεωμετρική** και τη **Φυσική ή Κυματική Οπτική**.

Η Γεωμετρική Οπτική μελετά πολλά οπτικά φαινόμενα και διατυπώνει νόμους χωρίς να ενδιαφέρεται για την πραγματική φύση του φωτός. Βασίζεται στην αρχή της ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός, στην έννοια της οπτικής ακτίνας και στη Γεωμετρία. Η οπτική ακτίνα είναι μια υποθετική γραμμή κατά μήκος της κατεύθυνσης όδευσης του κύματος. Αυτή η απλοποίηση ισχύει σε περιπτώσεις όπου τα αποτελέσματα της περιθλάσεως λόγω της κυματικής φύσης του φωτός είναι αμελητέα, δηλαδή μελετά την οριακή περίπτωση για πάρα πολύ μικρά μήκη κύματος ( $\lambda \rightarrow 0$ ).

Στο αντικείμενο μελέτης της Γεωμετρικής Οπτικής εντάσσονται η ανάκλαση, η διάθλαση και η ανάλυση του φωτός. Οι εφαρμογές της είναι ευρύτατες, γιατί με τις μεθόδους της λύνονται όλα τα βασικά προβλήματα που αφορούν κάτοπτρα, φακούς και πρίσματα και σχεδιάζονται τα περισσότερα οπτικά όργανα.

Αντίθετα η Φυσική Οπτική ασχολείται με τη φύση τους φωτός και μελετά και ερμηνεύει τα περισσότερα οπτικά φαινόμενα, βασιζόμενη κυρίως στην ηλεκτρομαγνητική θεωρία. Ιδιαίτερα έμφαση δίνεται στα φαινόμενα συμβολής, περίθλασης και πόλωσης του φωτός.

Τέλος απαραίτητο συμπλήρωμα στη θεωρία των οπτικών συστημάτων είναι ο υπολογισμός του ποσού της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, της φωτεινής ισχύος, που εκπέμπουν ή δέχονται αντίστοιχα οι φωτεινές πηγές και οι φωτιζόμενες επιφάνειες. Αυτό επιτυγχάνει η **Φωτομετρία** όπου γίνεται σύγκριση των φωτεινών πηγών ή φωτιζόμενων επιφανειών μεταξύ τους, σύμφωνα με το φωτεινό αίσθημα που προκαλούν. Με τη φωτομετρία επιδιώκεται η μέτρηση ενός μέρους μόνο της ακτινοβολούμενης ενέργειας, η οποία ονομάζεται ορατή ή φωτεινή, γιατί γίνεται αντιληπτή από το ανθρώπινο μάτι.