



2015, Διεθνές Έτος Φωτός

A. ΑΡΑΒΑΝΤΙΝΟΣ

Καθ. Φυσικής

Το 2015 είναι ίσως η πιο κατάλληλη χρονιά για τον επετειακό, διεθνή εορτασμό της έννοιας του φωτός. Σήμερα, γυρνώντας μερικές δεκαετίες πίσω διαπιστώνει κανείς ότι η ιστορία των Φυσικών Επιστημών σηματοδοτήθηκε από συγκεκριμένες, σπουδαίες ανακαλύψεις σε σχέση με το φως, μερικές από τις οποίες συμπωματικά συνέβησαν πριν ακριβώς από 50, 100, 150 και 200 χρόνια από το προαναφερθέν έτος ορόσημο. Η περιοδικότητα αυτή των 50 ετών στάθηκε ίσως και η βασική αφορμή ώστε η Ευρωπαϊκή Ένωση Φυσικής να προτείνει στην Επιστημονική κοινότητα όπως το 2015 θεωρηθεί παγκόσμια το Διεθνές Έτος για το Φως, International Year of Light (IYOL). Μάλιστα, το ουράνιο τόξο, μια δημιουργία ασύγκριτης ομορφιάς και με παρουσία που η ύπαρξή της δικαιολογείται από γνωστά οπτικά φαινόμενα θεωρήθηκε ως το ιδανικότερο σχετικό σύμβολο για το Διεθνές Έτος Φωτός.

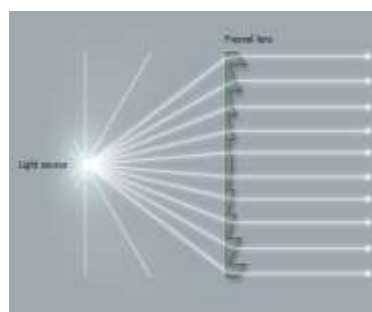
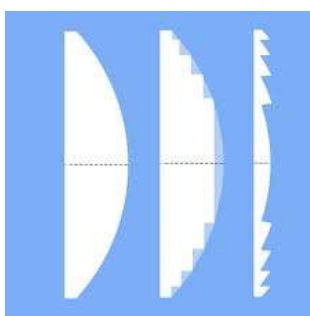
Ας δούμε όμως συνοπτικά τι ακριβώς συνέβη τις χρονιές ακριβώς πριν από 200, 150, 100 και 50 χρόνια αντίστοιχα του έτους 2015. Το 1815 ο A. Fresnel δημοσίευσε την πρώτη του εργασία στην οποία υποστηρίζει ότι το φως έχει και συμπεριφορά κύματος ενώ το 1865 ο J. Maxwell ανακοινώνει την ηλεκτρομαγνητική θεωρία για το φως. Το 1915 δημοσιεύεται η Θεωρία της Γενικής Σχετικότητας του A. Einstein που περιγράφει πως το φως συμμετέχει στην χώρο - χρονική συσχέτιση ενώ τέλος το 1915 οι φυσικοί A. Penzias και R. Wilson ανακαλύπτουν, σχεδόν τυχαία, την Κοσμική Μικροκυματική Ακτινοβολία (Cosmic Microwave Background). Η ακτινοβολία αυτή αποδίδεται στην ηλεκτρομαγνητική «ηχώ» που κατακλύζει, με φορέα το φως, το Σύμπαν από τις πρώτες στιγμές της δημιουργίας του.

Αυτή η τετράδα των ανακαλύψεων, που σχετίζονται με το φως, άλλαξε ουσιαστικά το πρόσωπο της Φυσικής Επιστήμης. Μάλιστα, ακόμη και σήμερα εξακολουθούν να έχουν τεράστιες επιπτώσεις στην Επιστήμη αλλά και την Τεχνολογία. Η κυματική θεωρία του φωτός και οι νόμοι της ηλεκτροδυναμικής έχουν βοηθήσει στην ανάπτυξη σύγχρονων συσκευών οικιακής χρήσης όπως τα DVD και τα lasers, στην κινητή τηλεφωνία καθώς και στην Ράδιο αστρονομία. Στην συνέχεια αναφερόμαστε αναλυτικά στους τέσσερεις αυτούς σημαντικούς σταθμούς της φυσικής επιστήμης.

200 έτη πίσω : Κυματική Οπτική, Augustin – Jean Fresnel (1788 – 1827)

Πρόκειται για τον σπουδαίο Γάλλο φυσικό ο οποίος δίκαια θεωρείται ο αυθεντικός συνεχιστής των C. Huygens και T. Young. Είναι ο κορυφαίος οπτικός του 19^{ου} αιώνα με

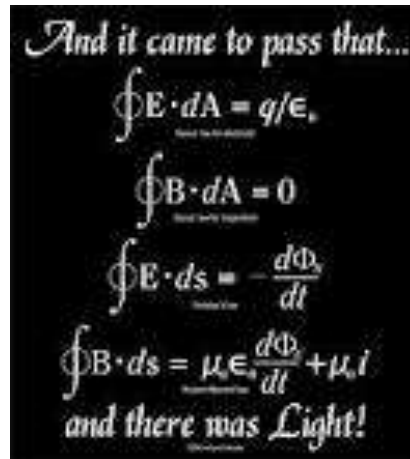
σημαντικές, πρωτοποριακές μελέτες που έφεραν επανάσταση στην Οπτική επιστήμη. Συγκεκριμένα τελειοποίησε την Κυματική θεωρία του φωτός στη μελέτη και διερεύνηση του φαινομένου της συμβολής αλλά και της περίθλασης. Πρόκειται για επιστήμονα ιδιαίτερα μεθοδικό σε θεωρητικό αλλά και πειραματικό επίπεδο που ήθελε να μαθαίνει σε βάθος ότι ερευνητικά τον απασχολούσε. Άρχισε να ασχολείται με τα φαινόμενα της Οπτικής σε ηλικία 26 ετών διερευνώντας τα οπτικά σφάλματα στη διάδοση του φωτός. Ήταν ο κύριος εμπνευστής της «αρχής της γραμμικής επαλληλίας» στη διάδοση των φωτεινών κυμάτων και αυτός που πρώτος υποστήριξε ότι μόνο τα εγκάρσια φωτεινά κύματα πρέπει να επιδέχονται το φαινόμενο της δίπλο – διαθλαστικότητας που είχε τότε πειραματικά διαπιστωθεί.



Εργαζόμενος στην εταιρεία φάρων έκανε πλήθος από πρακτικές εφευρέσεις με κορυφαία αυτή των ομώνυμων «φακών Fresnel», τους οποίους ακόμη και σήμερα προμηθευόμαστε, κατασκευασμένους από ειδικό πλαστικό ή και γυαλί. Το 1819 πήρε το βραβείο της Γαλλικής Ακαδημίας Επιστημών ως επιβράβευση για την εργασία του σχετικά με την περίθλαση του φωτός. Το 1823 σε ηλικία μόλις 35 ετών έγινε μέλος της ίδιας Ακαδημίας ενώ μετά από τέσσερα χρόνια πέθανε από φυματίωση στα 39 του χρόνια.

150 έτη πίσω : Ηλεκτρομαγνητική Θεωρία, James Clerk Maxwell (1831 – 1879)

Πρόκειται για Βρετανό επιστήμονα (γεννήθηκε στο Εδιμβούργο της Σκωτίας) από σχετικά εύπορη οικογένεια. Σε ηλικία μόλις 16 ετών εισήλθε στο Πανεπιστήμιο δημοσιεύοντας μάλιστα ήδη δυο επιστημονικά άρθρα. Μετά από 9 έτη και έχοντας ολοκληρώσει τις Πανεπιστημιακές σπουδές του βρίσκεται διορισμένος καθηγητής στο Κολέγιο Μάρσαλ ενώ το 1860 διορίζεται Καθηγητής της Φυσικής Φιλοσοφίας στο φημισμένο Βασιλικό Κολλέγιο του Λονδίνου. Τα επόμενα πέντε χρόνια που ακολουθούν θεωρούνται ίσως από τα πιο επικοινωνιακά της λαμπρής, επιστημονικής σταδιοδρομίας του. Συγκεκριμένα τότε δημοσίευσε δυο άρθρα για το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο, πραγματοποιεί την πρώτη επίδειξη δημιουργίας της έγχρωμης φωτογραφίας ενώ παράλληλα συμμετέχει και σε αστρονομικές έρευνες υποστηρίζοντας ορθά ότι οι παρατηρούμενοι δακτύλιοι του πλανήτη Κρόνου δεν μπορεί και δεν πρέπει να έχουν συμπαγή χαρακτήρα.



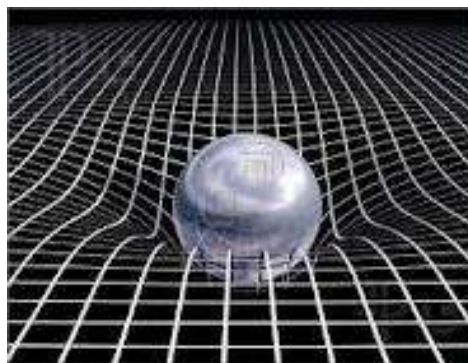
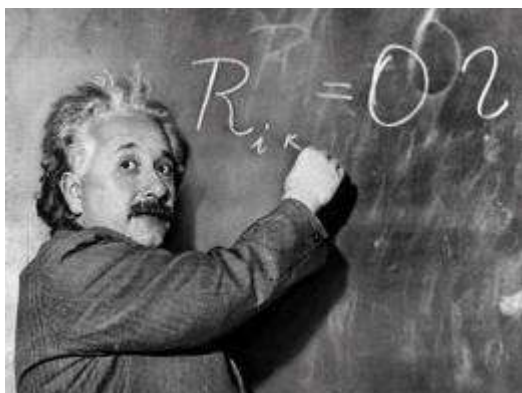
Το 1871 αναλαμβάνει την διεύθυνση του περίφημου Εργαστηρίου Cavendish, θέση την οποία διατηρεί μέχρι τον θάνατό του το 1879 σε ηλικία 48 ετών. Σήμερα θεωρείται ο κορυφαίος θεωρητικός φυσικός του 19^{ου} αιώνα ισάξιος του Νεύτωνα αλλά και του Einstein. Θεμελίωσε την θερμοδυναμική αλλά και την Στατιστική Μηχανική ενώ η πραγματεία του σε σχέση με τον Ηλεκτρισμό και τον Μαγνητισμό παραμένει η κορυφαία του συνεισφορά στην Φυσική Επιστήμη. Σήμερα, δύσκολα βρίσκει κανείς περιοχές της Φυσικής στις οποίες απουσιάζει η επιστημονική συνεισφορά του Maxwell.

100 έτη πίσω : Γενική Θεωρία Σχετικότητας, Albert Einstein (1879 – 1955)

Ο Albert Einstein είναι ίσως η πιο εμβληματική φυσιογνωμία στη περιοχή της Σύγχρονης Φυσικής. Γεννήθηκε στις 14 Μαρτίου του 1879 στη πόλη Ulm της Νότιας Γερμανίας και ένα χρόνο μετά η οικογένειά του μετακομίζει στο Μόναχο όπου εκεί περνά τα πρώτα παιδικά του χρόνια. Το 1896 γράφεται στο Πολυτεχνείο της Ζυρίχης με σκοπό να σπουδάσει εκπαιδευτικός Τεχνικής Επαγγελματικής Σχολής με φυσικομαθηματική κατεύθυνση. Μετά το τέλος των σπουδών του γίνεται Ελβετός υπήκοος και διορίζεται στη Βέρνη ως ομοσπονδιακός ελεγκτής διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας για νέες εφευρέσεις. Παράλληλα αποφασίζει και παρακολουθεί παραδόσεις στο Πανεπιστήμιο της Ζυρίχης από το οποίο και αναγορεύεται διδάκτορας στις Φυσικές Επιστήμες. Ο Einstein διατύπωσε τρεις θεωρίες που η κάθε μια ξεχωριστά είχε σημαντικότερες επιδράσεις στην εξέλιξη της Φυσικής. Οι θεωρίες αυτές είναι : Ειδική Θεωρία Σχετικότητας (1905), Γενική Θεωρία Σχετικότητας (1915) καθώς και η Γενικευμένη Θεωρία της Βαρύτητας (1950).

Η Γενική Θεωρία της Σχετικότητας συνδυάζει την διάσταση του χρόνου με τις τρεις διαστάσεις του χώρου για να σχηματίσει έτσι τον επονομαζόμενο Χωρόχρονο. Το φαινόμενο της βαρύτητας ενσωματώνεται στην συγκεκριμένη θεωρία μέσω της θεώρησης ότι η κατανομή της ύλης και ενέργειας του Σύμπαντος στρεβλώνει τον Χωρόχρονο με αποτέλεσμα αυτός να μην θεωρείται πλέον επίπεδος. Έτσι, τα αντικείμενα μέσα στον

Χωρόχρονο ενώ τείνουν να κινηθούν κατά μήκος της ευθείας γραμμής, οι διαδρομές τους θα εμφανίζονται κυρτωμένες, επειδή αυτός είναι ήδη καμπυλωμένος.



Η αντίστοιχη, απλουστευτική εικόνα προέρχεται εάν φανταστούμε μια λεπτή ελαστική μεμβράνη πάνω στην οποία τοποθετείται μια σχετικά μεγάλη και βαριά μεταλλική σφαίρα. Το βάρος της σφαίρας αυτής θα συμπιέσει την μεμβράνη και έτσι θα προκαλέσει την καμπύλωση της στη συγκεκριμένη περιοχή που τοποθετήθηκε η αρχική σφαίρα. Είναι προφανές στο μηχανικό αυτό ανάλογο ότι εάν τώρα αφεθούν ελεύθερα μικρά, μεταλλικά σφαιρίδια αυτά θα θελήσουν να πλησιάσουν την σφαίρα. Συγκεκριμένα θα κυλίσουν πάνω στην προηγούμενη μεμβράνη χωρίς να κινηθούν επί ευθείας γραμμής αλλά θα περιφέρονται γύρω από την αρχική σφαίρα όπως ακριβώς οι πλανήτες φαίνεται να διαγράφουν τις τροχιές τους γύρω από τον ήλιο. Ο Einstein απεβίωσε στο Princeton της Αμερικής στις 18 Απριλίου του 1955 στην ηλικία των 76 ετών.

50 έτη πίσω : Μικροκυματική Ακτινοβολία Σύμπαντος, Arno Penzias (1933 -) και Robert W. Wilson (1936 -)

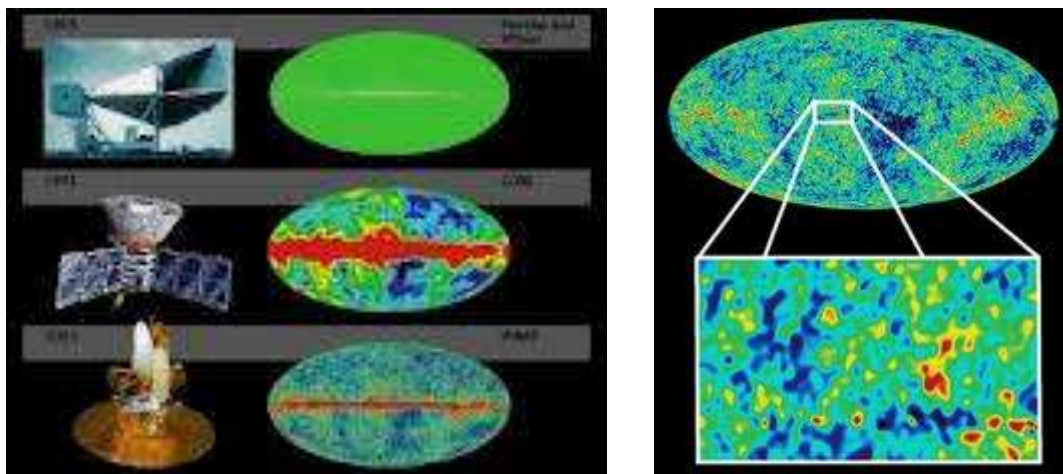
Η ανακάλυψη στα 1965 της διάχυτης κοσμικής ακτινοβολίας μικροκυμάτων αποτελεί μια από τις σημαντικότερες επιστημονικές ανακαλύψεις του εικοστού αιώνα. Πρόκειται για μια ενεργειακή ποσότητα θερμικού χαρακτήρα που φαίνεται να καταφθάνει στην επιφάνεια του πλανήτη μας ισотροπικά από κάθε περιοχή του ουρανού. Οι φυσικοί Arno Penzias και Robert W. Wilson ανίχνευσαν «σχεδόν» τυχαία την ισотροπική αυτή ακτινοβολία υποβάθρου με μήκος κύματος 7.3cm η οποία δεν φαίνεται να προερχόταν από καμία γνωστή μέχρι τότε πηγή. Οι συγκεκριμένοι επιστήμονες εργάζονταν στα εργαστήρια της εταιρείας Bell στο Holm dale του New Jersey ελέγχοντας σχολαστικά την λειτουργία μιας κεραίας που οι ίδιοι είχαν κατασκευάσει προκειμένου να μετρήσουν επακριβώς τις εντάσεις των ραδιοκυμάτων στις διάφορες απομακρυσμένες περιοχές του Γαλαξία μας. Παρόλο που αφαιρούσαν από τις σχετικές μετρήσεις τους όλες τις πιθανές, γνωστές συνεισφορές στην πειραματικά καταμετρούμενη ακτινοβολία πάντα στο τέλος παρέμενε μια ποσότητα ακτινοβολίας από άγνωστη πηγή προέλευσης. Έτσι η ακτινοβολία αυτή

αποδόθηκε σαν το υπόλειμμα κάποιας που δημιουργήθηκε σε μια προγενέστερη περίοδο όταν το Σύμπαν εθεωρείτο ότι ήταν πολύ πυκνότερο αλλά και θερμότερο από ότι είναι σήμερα. Μάλιστα η κατανομή συχνότητας αυτής της κοσμικής ακτινοβολίας υποβάθρου αντιστοιχεί στην ακτινοβολία που εκπέμπεται από ένα «θερμό» αδιαφανές σώμα στη περιοχή των μικροκυμάτων και με θερμοκρασία στους 2.7 βαθμούς Kelvin (δηλαδή περίπου -270 βαθμούς Celsius). Η ύπαρξη της ακτινοβολίας αυτής είχε αρχικά προβλεφθεί ότι θα έπρεπε να υπάρχει από τον σπουδαίο θεωρητικό φυσικό G. Gamov και τους συνεργάτες του στην προτεινόμενη Κοσμολογική θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης (Big Bang). Μεταξύ άλλων ο G. Gamov είχε υπολογίσει ότι εάν πραγματικά το Σύμπαν προήλθε από μια μεγάλη έκρηξη θα έπρεπε να μπορούμε να εντοπίσουμε τα «λείψανά της» ως μια διάχυτη μικροκυματική ακτινοβολία με θερμοκρασία περίπου 5 βαθμών Kelvin δηλαδή μόλις 5 βαθμοί πάνω από το απόλυτο μηδέν. Οι Arno Penzias και Robert W. Wilson βραβεύθηκαν με το βραβείο Nobel Φυσικής το 1978 ενώ η ανακάλυψή τους αυτή χάρισε στην επιστήμη μια πρώτη ουσιαστική ένδειξη ότι η θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης ήταν κάτι παραπάνω από μια απλή θεωρητική σύλληψη.



Είναι προφανές ότι επειδή η ταχύτητα του φωτός παρόλο το μεγάλο μέγεθός της, των 300000 χιλιομέτρων το δευτερόλεπτο, είναι συγκεκριμένα πεπερασμένα όλα τα αστρονομικά αντικείμενα που παρατηρούμε μας φαίνονται όχι όπως είναι τη στιγμή που τα παρατηρούμε αλλά όπως ακριβώς ήταν στο παρελθόν. Γιατί το ορατό φως, όπως άλλωστε και κάθε άλλη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, χρειάζεται κάποιο πεπερασμένο χρόνο να φθάσει από τα αντικείμενα αυτά σε εμάς. Ο ουρανός δηλαδή, μέσα στην απεραντοσύνη του, δεν «εκτείνεται» μόνο στο χώρο αλλά και στον χρόνο με αποτέλεσμα όσο πιο μακριά παρατηρούμε κάτι στο σύμπαν τόσο πιο πίσω στο χρόνο η παρατήρηση αυτή αντιστοιχεί. Για παράδειγμα και στο μέτρο που το φως χρειάζεται οκτώ περίπου λεπτά να φθάσει από τον ήλιο στη γη αυτό σημαίνει ότι όταν παρατηρούμε τώρα τον ηλιακό δίσκο στην ουσία βλέπουμε όχι όπως είναι «τώρα» αλλά όπως αυτός ήταν πριν από ακριβώς οκτώ λεπτά. Έτσι λοιπόν και η Κοσμική ακτινοβολία των μικροκυμάτων που σήμερα ανακαλύπτουμε θα πρέπει να εκπέμφθηκε στα πρώτα βήματα της δημιουργίας του Σύμπαντος και συγκεκριμένα πριν από 13.7 δισεκατομμύρια χρόνια. Σήμερα σύγχρονοι δορυφόροι παρατηρούν και καταμετρούν την Κοσμική Μικροκυματική Ακτινοβολία Υποβάθρου (CMB : Cosmic Microwave Background Radiation) προκειμένου να αντλήσουν πλούσιες αλλά και ενδιαφέρουσες πληροφορίες για την φυσική κατάσταση του Σύμπαντος στη νηπιακή του ηλικία.

Για παράδειγμα ο δορυφόρος COBE (Cosmic Background Explorer) κατάφερε σχετικά πρόσφατα (1992) να ανιχνεύσει άγνωστες, μικροποσότητες διακυμάνσεων στη διάχυτη κοσμική ακτινοβολία.



Συγκεκριμένα βρήκε πως μια εντοπισμένη περιοχή του Σύμπαντος έχει θερμοκρασία 2.7251 βαθμούς Kelvin ενώ για μια άλλη περιοχή η αντίστοιχη τιμή της θερμοκρασίας είναι 2.7249 βαθμοί Kelvin. Τέτοιες πολύ μικρές διακυμάνσεις θεωρείται ότι οφείλονται στην ανισοκατανομή της πυκνότητας της ύλης σε αυτές τις μελετώμενες περιοχές.

Ολοκληρώνοντας την σύντομη αναφορά μας για την υποστήριξη της συγκεκριμένης δράσης θα πρέπει κανείς να αναφερθεί στους σκοπούς που η πράξη αυτή επιδιώκει. Οι στόχοι λοιπόν που οι προτείνοντες τον ετήσιο τιμητικό εορτασμό της έννοιας του φωτός κατά το έτος 2015 θεωρούν ότι θα πετύχουν είναι οι εξής :

Ουσιαστική ενημέρωση της κοινής γνώμης για το πώς το φως αλλά και οι σχετικές με αυτό τεχνολογίες επηρεάζουν σήμερα αποφασιστικά την καθημερινή μας ζωή.

Διεύρυνση, με αφορμή την επέτειο, της διεθνούς συνεργασίας σε σημαντικούς τομείς όπως εκπαίδευση, έρευνα αλλά και βιομηχανία σε σχετικές με το φως θεματολογίες.

Δημιουργία καινούργιων εκπαιδευτικών δυνατοτήτων, σε παγκόσμιο επίπεδο, με επίκεντρο τους νέους ανθρώπους και με προτεραιότητα κυρίως τις αναπτυσσόμενες χώρες.

Γνωστοποίηση αλλά και η απαραίτητη εκλαΐκευση συγκεκριμένων σχετικών επιστημονικών ανακαλύψεων, του προηγούμενου κυρίως αιώνα, που αποδεικνύουν χωρίς καμιά αμφιβολία τον διαχρονικά πρωταγωνιστικό ρόλο του φωτός.

Επιβεβαίωση του πόσο σημαντική είναι η οπτική τεχνολογία στον ρυθμό ανάπτυξης μιας κοινωνίας αλλά και στη βελτίωση συνολικά της ποιότητας ζωής στον αναπτυσσόμενο κόσμο.

Ο τελευταίος αλλά εξ ίσου σημαντικός με τους προηγούμενους στόχους της συγκεκριμένης προτεινόμενης δράσης είναι η επισήμανση και η αναφορά στην υπάρχουσα διασύνδεση

ανάμεσα στο φως και την τέχνη καθώς και η συμμετοχή της σύγχρονης οπτικής τεχνολογίας (π.χ. συσκευές laser) στην συντήρηση των έργων τέχνης και των μουσειακών αντικειμένων.

Σήμερα, 200 περίπου χρόνια μετά από την εποχή του Fresnel και της Κυματικής Οπτικής ο αγώνας για την κατανόηση του τι ακριβώς είναι το φως συνεχίζεται πεισματικά και αδιάλειπτα. Ένας αγώνας που δίνεται σε θεωρητικό αλλά και πειραματικό επίπεδο σε παγκόσμια κλίμακα από σύγχρονους ερευνητές και επιστήμονες. Επιτεύγματα όπως : οι συσκευές laser, οι ψηφιακοί αισθητήρες, οι οπτικές ίνες, η ολογραφία, η οπτική των νανοκρυστάλλων καθώς και πρωτόγνωρα υλικά με αρνητικούς δείκτες διάθλασης είναι μερικά μόνο από τα συναρπαστικά, νέα «προϊόντα» μιας τέτοιας αναζήτησης για το τι ακριβώς είναι το φως. Πρόκειται αναμφίβολα για μια περιπετειώδη επιστημονική αναζήτηση με ιδιαίτερο ενδιαφέρον και εξασφαλισμένα απρόβλεπτο μέλλον.

Βιβλιογραφία

1. Fresnel Augustin (1815), Premier memoire sur la diffraction de la lumiere, adresse a l'Academie des Sciences le 15 Octobre 1815.
2. Maxwell James Clerk (1865), A dynamical theory of electromagnetic field, Philosophical Transactions of the Royal Society of London 155 : 459 – 512.
3. Einstein Albert (1915), Die Feldgleichung en der Gravitation, Koniglich Preussische Akademie der Wissenschaften : 844 – 847.
4. Penzias Arno and Wilson Robert (1965), A measurement of excess antenna temperature at 4080Mc/s, Astrophysical Journal Letters 142 : 419 – 421.