

---

## Ο François Marie Arouet Voltaire και η Οπτική’ του Isaac Newton\*

Γ. Μπαλανίκας

‘...Η Φύση και οι νόμοι της Φύσης ευρίσκονταν βυθισμένοι στο σκοτάδι της νύχτας, και είπεν ο Θεός: “Γεννηθήτω ο Νεύτων”, και όλα φωτίστηκαν...’

Alexander Pope, ποιητής (1688-1744)

Τα δύο σημαντικότερα έργα του Νεύτωνα (1643-1727) (εικ.1) και παράλληλα η μεγαλύτερη συμβολή του στην Επιστήμη είναι τα *Principia*<sup>1</sup> και η *Οπτική*<sup>2</sup> του (εικ. 2,3). Αν και η ‘Οπτική’ εκδόθηκε το 1704, δεκαεπτά χρόνια μετά την εμφάνιση των *Principia*, τη μεθοδολογική προσέγγιση της Οπτικής και τη θεωρία των χρωμάτων είχε εμπνευσθεί νωρίτερα απ’ ό,τι τα συνοδά έργα του για την αστρονομία και τη μηχανική. Στην πραγματικότητα, η ‘Οπτική’ χρησίμευσε σαν οδηγός για το έργο του ‘*Principia*’.

Η ‘Οπτική’ δεν σκόπευε να συμβάλει μόνο στην πρόοδο της οπτικής επιστήμης, αλλά επίσης και στην εν γένει πρόοδο της Επιστήμης. Η ‘νευτώνεια’ επιστήμη βασίζεται στο πείραμα και την επαγωγή. ‘Το σχέδιό μου στο βιβλίο αυτό’ έγραψε ο Newton ‘δεν είναι να εξηγήσω τις Ιδιότητες του Φωτός με Υποθέσεις, αλλά να προτείνω και να τις αποδείξω με την Αιτία και το Πείραμα’. Αυτό ευρίσκεται σε ευθεία αντίθεση με την αφαιρετική μέθοδο της Καρτεσιανής επιστήμης<sup>3</sup>.

Ενώ όμως ο Newton πέτυχε τους στόχους του με το έργο του *Principia* στον χώρο της αστρονομίας και της μηχανικής, εν αντιθέσει με την λαμπρή συμβολή του στην επιστήμη του φωτός και των χρωμάτων, οι στόχοι που έθεσε στον εαυτό του για την ‘Οπτική’ μερικώς

Α’ Οφθαλμολογική κλινική ΑΠΘ, Νοσοκ. ΑΧΕΠΑ,  
Θεσσαλονίκη

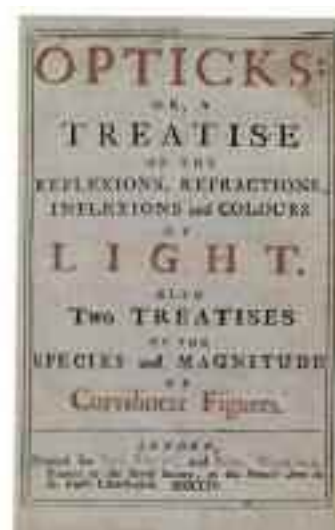
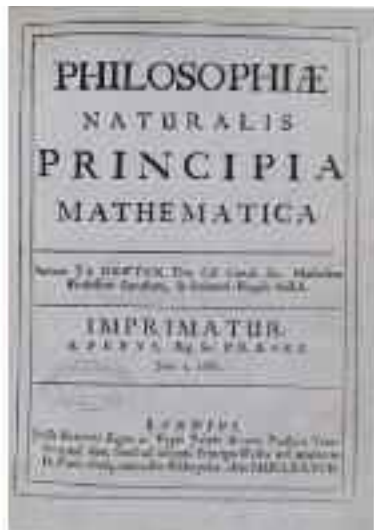
Corresponding author: G. Balanikas  
e-mail: dioskouridis@yahoo.gr

---

\* Το παρόν άρθρο ανήκει στην ενότητα “Σημαντικά συγγράμματα και συγγραφείς στην Ιστορία της Ιατρικής και της Οφθαλμολογίας”

μόνο επετεύχθησαν. Η εργασία του στην οπτική περιγράφηκε ως περιπλοκή, ασαφής και δυσνόητη μελέτη. Επιπλέον οι περιπλοκές, και η σημασία των ανακαλύψεών του σε σχέση με την θεολογία της εποχής και την μεταφυσική, στην 'Οπτική' του δεν ξεκαθάρισαν. Σύμφωνα επίσης με τους επικριτές του στις επιστημονικές ανακαλύψεις και στην διατύπωση αξιωμάτων ο Νεύτων υπήρξε μεγαλοφυΐα, ως φιλόσοφος όμως υπήρξε άκριτος, ελλιπής, ασυνεπής, ίσως δευτεροκλασσάτος'.<sup>4</sup> Πέραν όμως από τις λίγες μικρόψυχες απόψεις συγχρόνων του ανταγωνιστών, ο Νεύτων και οι ανακαλύψεις του κυριαρχούν και διαποτίζουν τον πολιτισμό μας. Οι δυνάμεις μετρώνται σε newtons, έχουμε τους δακτυλίους και τα υγρά του Νεύτωνα, εφαρμόζουμε την μηχανική του, ο νόμος της βαρύτητας θεωρείται ακόμη θεμελιώδης δύναμη. Εξ αιτίας αυτών των επιτευγμάτων ο Νεύτων αναφέρεται ως ισάξιος με τους Κοπέρνικο και Γαλιλαίο ως θεμελιωτές της σύγχρονης επιστήμης. Αν και ο Νεύτων σπάνια αναφέρεται πλάι σε μορφές όπως οι Καρτέσιος και Σπινόζα ως θεμελιωτής της μοντέρνας φιλοσοφίας και παρά το ότι δεν άφησε κάποιο έργο σχετικά με την φιλοσοφία, η επιρροή του όμως σε αυτή στην πρώιμη περιόδο της υπήρξε καταλυτική. Ο Νεύτων υπήρξε ένας από τους μεγαλύτερους εφαρμοστές αυτού που αποκαλούμε 'Φιλοσοφία της Φύσεως'.<sup>5</sup> Θεωρώντας τον Νεύτωνα φυσικό

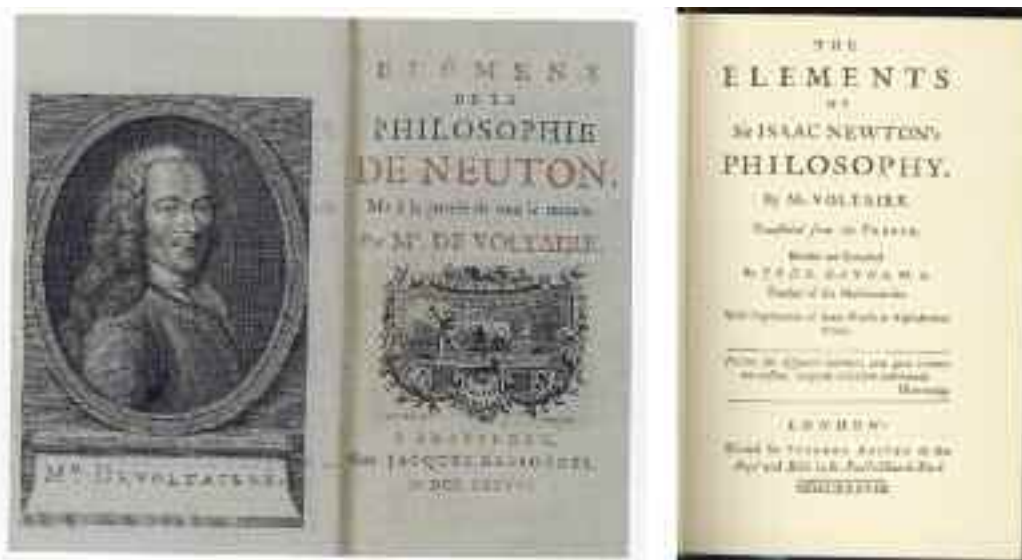
φιλόσοφο μπορούμε να φωτίσουμε την επιστημονική του επιρροή στη φιλοσοφία του 18ου αιώνα, μια επιρροή που δύσκολα μπορεί να αγνοηθεί και που διαρκεί ολόκληρο τον αιώνα και στην Αγγλία και στην Ευρώπη. Η επιρροή αυτή είχε δύο βασικές συνιστώσες. Η πρώτη ήταν ότι τα έργα του *Opticks* και *Principia* θεωρήθηκαν τέτοιας φιλοσοφικής αξίας που ελάχιστοι φιλόσοφοι του 18ου αιώνα τα αγνόησαν. Οι περισσότεροι προσπάθησαν να συμπεριλάβουν στα δικά τους φιλοσοφικά συστήματα τους επιστημονικούς ισχυρισμούς του Νεύτωνα και πολλοί είδαν την συνάφεια μεταξύ των απόψεών τους και αυτών του Νεύτωνα ως κριτήριο υψηλής φιλοσοφικής αρτιότητας. Η άλλη συνιστώσα της επιρροής του Νεύτωνα αφορά τους σκεπτικιστές που προσπάθησαν με τον ένα ή άλλο τρόπο να ακολουθήσουν την 'νευτώνεια μέθοδο' στη φυσική φιλοσοφία όταν μελετούσαν ζητήματα και ερωτήματα τα οποία ο Νεύτων αγνόησε. Η Ευκλείδεια γεωμετρία και οι μέθοδοί της θεωρούνταν ως θεμελιώδες επιστημονικό πρότυπο κατά το μεγαλύτερο μέρος του 17ου αιώνα. Ο Καρτέσιος στο έργο του *Meditations*, προσπαθεί να παρουσιάσει ένα τύπο βεβαιότητας που στηρίζεται στη γεωμετρία, και ο Σπινόζα έγραψε το έργο του *Ethics* σύμφωνα με τη 'γεωμετρική μέθοδο'. Οι διατυπώσεις και οι θεωρίες που συσχετιζόνταν με θεωρήματα της Ευκλείδειας γεωμετρίας εκλαμβάνον-



Εικ. 1: Ο Sir Isaac Newton (1642-1727) σε πορτρέιτο του Sir Godfrey Kneller το 1689, δύο χρόνια μετά την πρώτη έκδοση των *Principia*, από την συλλογή των *Trustees of the Portsmouth Estate*.

Εικ. 2: Η πρώτη σελίδα του περίφημου έργου του Isaac Newton *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* (London 1687) (Δημόσια Βιβλιοθήκη Νέας Υόρκης).

Εικ. 3: Η πρώτη σελίδα του άλλου σημαντικώτατου έργου του Newton, 'Opticks or, a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflexions and Colours of Light' (London, 1704). Το έργο αυτό θεωρήθηκε εξ ίσου επαναστατικό, προκλητικό και αμφιλεγόμενο όπως τα *Principia*, αν και οι ριζοσπαστικές ιδέες που αφορούσαν την ανισομερή διάθλαση των φωτεινών ακτίνων και την ετερογενή σύνθεση του ηλιακού φωτός δημοσιεύθηκαν από τον Νεύτωνα αρκετά νωρίτερα, γύρω στο 1670 (Δημόσια Βιβλιοθήκη της Νέας Υόρκης).



Εικ.4,5. Ένας χρόνος υπήρξε αρκετός για τον Βολταίρο να κατανοήσει την μηχανική και την οπτική του Νεύτωνα, και να ολοκληρώσει το 'Elememts de la Philosophie de Neuton' ένα από τα πλέον δημοφιλή εκλαϊκευμένα έργα των ιδεών του Νεύτωνα στην περίοδο του Διαφωτισμού (Εικ. 4 Amsterdam 1738, Δημόσια Βιβλιοθήκη της Νέας Υόρκης, Εικ. 5, Η Αγγλική έκδοση, London,1738, συλλογή του συγγραφέα).

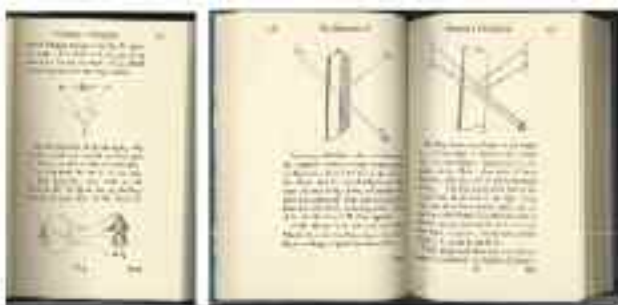
ταν ως παραδείγματα σοφίας και γνώσης.

Ο Sir Isaac Newton γεννήθηκε κοντά στο Grantham στο Lincolnshire της Αγγλίας το 1642. Γιος αγρότη, που πέθανε πριν γεννηθεί ο Newton, υπήρξε απροσάρμοστος και προβληματικός νέος και σε ηλικία 14 ετών άφησε το σχολείο του για να εργασθεί στους αγρούς. Επανήλθε αργότερα και εισήλθε στο Trinity College του Cambridge University το 1661. Δάσκαλός του υπήρξε ο Dr Isaac Barrow, ο πρώτος που κατέλαβε την διασημότερη έδρα στην ιστορία της Επιστήμης, της Lucasian Chair. Μαζί του ο Newton το 1666 ανέπτυξε τον απειροστικό λογισμό και αργότερα περιέγραψε τις επεκτάσεις σε άπειρα σύνολα (όπως διώνυμα, υποθετικοί αριθμοί κ.ά.). Το 1667 ο Newton επέστρεψε ως Fellow στο Cambridge και το 1669 διαδέχθηκε τον Barrow στην Lucasian Chair των μαθηματικών. Οι πρώτες μελέτες του Νεύτωνα σχετικά με το φως και τα χρώματα καταγράφονται στις σημειώσεις του το 1664 και 1665. Η εργασία του για την Οπτική περιλαμβάνει την ανακάλυψη του φάσματος του φωτός και την ανάλυση του λευκού φωτός στα χρώματα, την τελειοποίηση του τηλεσκοπίου, τη θεωρία του σχετικά με τη φύση του φωτός, τις μελέτες του για την όραση και τους "δακτυλίους του Newton"<sup>6</sup>. Το 1679 απέδειξε το νόμο του αντίστροφου του τετραγώνου που τον οδήγησε στην φημισμένη του εργασία 'Philosophiae naturalis principia mathematica (The Principia). Αυτό το έργο αναπτύχθηκε βασιζόμενο στους τρεις νόμους της κίνησης των σωμάτων: 1) κάθε σώμα διατηρεί την κατάσταση ηρεμίας ή

κίνησης σε ευθεία γραμμή εκτός εάν αναγκασθεί να μεταβάλλει την κατάστασή του από δυνάμεις που εφαρμόζονται σε αυτό, 2) Η μεταβολή της κίνησης είναι ανάλογη και προς την κατεύθυνση της ευθείας πορείας της εφαρμοζόμενης στο αντικείμενο δύναμης και 3) σε κάθε δράση υπάρχει πάντα μια αντίδραση. Αυτά τα θεωρήματα υπήρξαν οι θεμελιώδεις αρχές στις οποίες βασίστηκε η ερμηνεία της κίνησης και των δυνάμεων έλξης και βαρύτητας του πλανητικού συστήματος όπως τα περιγράφει στο τρίτο βιβλίο των Principia.<sup>7</sup>

Από το 1687 μετέχει ενεργότερα στα κοινά και αντιπροσωπεύει το Cambridge University ενώπιον του Ανώτατου Δικαστηρίου όταν κατηγορήθηκε το ίδρυμα από τον James τον II. Το 1703 εκλέχθηκε πρόεδρος της Royal Society και επανεκλεγόταν κάθε χρόνο επί 25 έτη μέχρι τον θάνατό του. Κατά καιρούς υπήρξαν περίοδοι που ήταν αδιάφορος για την επιστήμη. Αυτό δεν σημαίνει πως δεν είχε πνευματική διαύγεια. Μαθηματικά προβλήματα που διατυπώθηκαν το 1696 από τον Johann Bernoulli και το 1711 από τον Leibniz ως πρόκληση για τους οξυδερκέστερους μαθηματικούς του κόσμου ο Newton τα έλυσε μέσα σε λίγες ώρες.

Ο μεγάλος Γάλλος φιλόσοφος Βολταίρος εξορίστηκε στο Λονδίνο το 1726. Ήταν παρών στην κηδεία του Νεύτωνα στο Westminster Abbey το 1727 και τα επόμενα χρόνια μελέτησε, κατανόησε και εκθείασε το έργο του Νεύτωνα. Το 1738 εξέδωσε στα Γαλλικά και στα Αγγλικά το 'Elements of Sir Isaac Newton's Philosophy'<sup>8</sup> (εικ. 4,5) στο οποίο συζητεί με όρους κατανοητούς στον εγ-



Εικ. 6,7. Από την Αγγλική έκδοση των 'The Elements of Sir Isaac Newton's Philosophy', του Voltaire, London, 1738 (Συλλογή του συγγραφέα)

γράμματο αναγνώστη, τις απόψεις του Νεύτωνα στην οπτική, εξηγώντας την διάθλαση, την ανάκλαση κ.α. (εικ.6,7). Έκανε πιο ξεκάθαρη την θεωρία του Νεύτωνα για το σύμπαν και τις επιπτώσεις της στη μεταφυσική και τη θεολογία. Έτσι τα 'Στοιχεία' του Βολταίρου αποτελούν μια σύνθεση δύο εκ των μεγαλύτερων πνευμάτων του 17ου και 18ου αιώνα.

Όταν ο Νεύτων άρχισε την μελέτη της οπτικής τον 17ο αιώνα, ήδη υπήρχε μια καθιερωμένη επιστημονική οντότητα με θεωρίες και πρακτικές που εκτείνονταν στα βάθη του χρόνου, έως την αρχαιότητα. Τα προβλήματα της διάθλασης, των πρισμάτων, του ουρανού τόξου και της όρασης είχαν μελετηθεί εκτενώς. Οι θεωρίες και τα δόγματα είχαν τις ρίζες τους στην αρχαιότητα και είχαν συζητηθεί με σχολαστικότητα στον Μεσαίωνα και την Αναγέννηση. Η πρόοδος ήταν αργή και πολλά ερωτήματα παρέμεναν αναπάντητα. Με την εμφάνιση του έργου ανδρών όπως οι Kepler, Huygens και Descartes η πρόοδος επιταχύνθηκε θεαματικά και αφορούσε στην κατανόηση των οπτικών φαινομένων και των οπτικών θεωριών. Λίγα από τα έργα ήταν πειραματικά.

### Οι θεωρίες περί Οπτικής και Όρασης έως τον Νεύτωνα

Οι αρχαίοι Έλληνες συνέδεσαν την οπτική επιστήμη με την όραση και υποβάθμισαν τον ρόλο του φωτός. Το φως δεν υπήρχε αφ' εαυτού παρά σε συσχετισμό με την όραση, ως το μέσο του ορατού. Υπήρχαν πολλές θεωρίες για το φως στην αρχαιότητα, κυρίως σε σχέση

με την αντίληψη. Στους Πυθαγόρειους το φως και ο ήχος προέρχονταν από τα αντίστοιχα όργανα της όρασης και της ακοής ενώ για τους Ατομικούς (Δημόκριτος) προέρχονταν από την εκροή που εξέπεμπαν τα αντικείμενα. Ο Πλάτων συνδύασε και τις δύο και υποστήριξε ότι η όραση προκαλείται από κάτι προερχόμενο από τον οφθαλμό και αντιδρά με το αντικείμενο. Ο Αριστοτέλης υποστήριξε στα 'Μεταφυσικά' ότι η όραση είναι για τον οφθαλμό ό,τι η νόηση για το σώμα, λειτουργία μιας ουσίας γεμάτης ενέργεια.

Ο Αριστοτέλης ειδικά μαζί με τον Δημόκριτο υποστήριξε ότι το κυρίαρχο στοιχείο του οφθαλμού είναι το νερό και το φως ανακλάται στον αέρα και σε λείες επιφάνειες ακριβώς όπως στο νερό. Επίσης σχετικά με τα χρώματα η αριστοτέλεια άποψη που επικρατούσε ως την εποχή του Νεύτωνα υποστήριξε ότι υπάρχουν τα πραγματικά και τα φαινομενικά χρώματα. Τα πραγματικά είναι ιδιότητες της επιφάνειας των σωμάτων. Αυτά τα χρώματα είναι ορατά όταν είναι παρόν και το φως και δεν εξαφανίζονται όταν πέφτει το σκοτάδι. Τα φαινομενικά χρώματα εν αντιθέσει δεν υπάρχουν στο σκοτάδι. Ως παράδειγμα αναφέρεται το ουράνιο τόξο που δεν υφίσταται στο σκοτάδι. Αυτή η άποψη αποκάλυπταν η θεωρία της μετατροπής, και σύμφωνα με αυτή τα φαινομενικά χρώματα παράγονταν από την μετατροπή του λευκού φωτός σε αυτά.

Ο Πτολεμαίος πήγε μακρύτερα συνδυάζοντας φως και όραση, αλλά ο Άραβας Alhazen\* (965-1040) (εικ. 8) έθεσε τις βάσεις της μοντέρνας σκέψης στην οπτική και την όραση<sup>9</sup>. Ο Vitelio<sup>9</sup> (1254) συστηματοποίησε τις θεωρίες του Alhazen στο έργο του 'Thesaurus Opticae' (εικ. 9) που παρέμεινε ως βιβλίο αναφοράς έως τον 16ο αιώνα όταν ο Maurolycus\*\* (Francesco Maurolico, 1494-1577) (εικ. 10), ανακάλυψε ότι το 'κρυσταλλοειδές υγρό' είναι ο φακός. Στην εποχή του ήταν ήδη γνωστοί οι αμφίκυρτοι φακοί. Θεωρούσε τον κρυσταλλοειδή φακό του οφθαλμού ως τον 'κυρτό φακό της φύσης' και τους γυάλινους κυρτούς φακούς ως τεχνητούς κρυσταλλοειδείς φακούς. Πίστευε όμως λανθασμένα ότι κάθε σημείο ενός αντικειμένου εκπέμπει μόνο μία ακτίνα και ότι το είδωλο δεν αντιστρέφεται στον αμφιβληστροειδή. Υποστήριξε επίσης ότι το μυωπικό μάτι έχει ισχυρό φακό, ενώ το υπερμετρωπικό έχει φακό μικρότερης καμπυλότητας<sup>9</sup>.

\* Alhazen (965-1040), Αστρονόμος, μαθηματικός και φυσικός, πρωτοπόρος στην μηχανική, αστρονομία και την οπτική, έγραψε το επτάτομο έργο Kitab al-Manazir (Book of Optics).

\*\* Maurolycus, ή Francesco Maurolico (1494-1577) Ιταλός μαθηματικός και αστρονόμος, ελληνικής καταγωγής με μεγάλη συμβολή στην γεωμετρία, μηχανική, αστρονομία, οπτική και στη μουσική. Ο πατέρας του υπήρξε διακεκριμένος ιατρός στην Κωνσταντινούπολη και μετά την άλωση (1453) κατέφυγε στη Μεσσία όπου και εγκαταστάθηκε και έγινε διευθυντής του νομισματοκοπείου της.



Οι θεωρίες για την οπτική που κυριαρχούσαν την εποχή που ο Newton ήταν σπουδαστής απηχούσαν τις φυσικές θεωρίες εκείνης της εποχής. Η κοσμοθεωρία του Descartes παρουσιάστηκε στο έργο του *'Principles of Philosophy'* (1644) και ήταν μια πλήρης μηχανιστική άποψη απέναντι στην Αριστοτέλεια φυσική φιλοσοφία. Ο Descartes απέρριψε εντελώς τη θεμελιώδη άποψη του Αριστοτέλη περί 'γήινης' και 'αστρικής' φυσικής. Οι αρχές της μηχανικής φυσικής ίσχυαν παντού και στην γη και στον ουρανό. Οι Huygens, Hooke, και Pardies ήταν όλοι υποστηρικτές του Descartes και οι τρεις κύριοι επικριτές του Νεύτωνα και της θεωρίας του περί φωτός και χρωμάτων. Το 1699 ο Γάλλος φιλόσοφος και θεολόγος Nicholas Malebranche (1638-1715) απήρθησε μια ομιλία στα μέλη της Ακαδημίας Επιστημών του Παρισιού που υπήρξε η πλέον προβεβλημένη άποψη της Καρτεσιανής θεωρίας. Σύμφωνα με τον Malebranche το φως συνίσταται από κύματα πίεσης που ταξιδεύουν στο χώρο ο οποίος πληρούται από τον αιθέρα. Μια σχετική καινοτομία στην ούτως ή άλλως κλασική θεωρία ήταν η πρόταση ότι τα χρώματα αν-

τιστοιχούν σε διαφορετικές συχνότητες μήκους κύματος του φωτός όπως οι συχνότητες των ηχητικών κυμάτων καθορίζουν τους μουσικούς τόνους. Αν και ο Malebranche παραδέχθηκε ότι δεν είχε κάποιο τρόπο υπολογισμού του αριθμού των παλμών που αντιστοιχούν σε κάθε χρώμα, υποστήριξε ότι γνώριζε την σειρά των χρωμάτων από τις υψηλές στις χαμηλές συχνότητες, με το λευκό να έχει την υψηλότερη συχνότητα και τα υπόλοιπα χρώματα να ταξινομούνται με κατιούσα σειρά λαμπρότητας (κίτρινο, κόκκινο, μπλε, και τέλος το μαύρο στο οποίο υποθετικά δεν αντιστοιχούσαν παλμοί).

### Ο Νεύτων και η Οπτική του

Ο Νεύτων άρχισε να ενδιαφέρεται για το φως και τα χρώματα νωρίς όπως καταγράφεται στις σημειώσεις του το 1664 και το 1665. Είχε ασπασθεί τη μηχανιστική φιλοσοφία περί φύσεως και φλέρταρε με την ιδέα της μηχανικής προέλευσης των χρωμάτων. Ήδη ο Νεύτων πίστευε στη σωματιδιακή φύση του φωτός και μελε-



Εικ. 8: Abu Ali al-Hasan Ibn al-Haitham ή Alhazen (965-1040), Άραβας μαθηματικός, αστρονόμος και φυσικός, υποστήριξε ότι η όραση εξηγείται με την διάθλαση του φωτός και έγραψε το επτάτομο έργο *'Kitab al-Manazir'* (Book of Optics) από το 1015 έως το 1021, και ήταν ο πρώτος που χρησιμοποίησε επιστημονική μέθοδο για την απόδειξη των θεωρημάτων του, ανατρέποντας τη μέχρι τότε επικρατούσα άποψη του Ευκλείδους και του Πτολεμαίου ότι το φως προέρχεται από τον οφθαλμό.

Εικ.9: Η *'Οπτική'* του Alhazen μεταφράστηκε στα λατινικά το 1270 από τον Vitello (1230-1314;) και εκδόθηκε από τον Friedrich Risner το 1572 με τίτλο *Opticae thesaurus: Alhazeni Arabis libri septem, nuncprimum editi; Eiusdem liber De Crepusculis et nubium ascensionibus*. Αυτό το έργο υπήρξε πολύ δημοφιλές στον Μεσαίωνα και στην Αναγέννηση.

Εικ. 10. Maurolicus ή Francesco Maurolico (1494-1577), από την Messina της Σικελίας, γιος Έλληνα πρόσφυγα μετά την άλωση της Κωνσταντινουπόλεως, καθηγητής μαθηματικών και αστρονόμος με μεγάλη συμβολή στην γεωμετρία, μηχανική, οπτική, μουσική και αστρονομία. Μετέφρασε επίσης πολλά έργα αρχαίων θετικών φιλοσόφων όπως του Αρχιμήδη, Θεοδοσίου εκ Βιθυνίας, Μενέλαου Αλεξανδρινού, Αντόλνκου εκ Πιθανίας, Ευκλείδους και Απολλώνιου της Περγάμου.

τούσε ειδικά πως η κίνηση των σωματιδίων ήταν δυνατόν να μεταβληθεί σε διάφορες περιστάσεις έτσι ώστε να παράγει διαφορετικές ώσεις στον οφθαλμό. Υπέθεσε ότι οι ακτίνες του φωτός είναι τελικά ετερογενείς και ίσως η αντίληψη διαφορετικών χρωμάτων οφείλεται σε διαφορετικές ακτίνες όταν αυτές διαχωρίζονται μεταξύ τους. Η ουσία της συμβολής του Νεύτωνα στην Οπτική συνοψίζεται σε αυτή την ιδέα. Ο Νεύτωνας διαδέχθηκε τον δάσκαλό του Dr Isaac Barrow το 1669 ως καθηγητής Μαθηματικών στο Cambridge στη Lucasian έδρα (Μετά τον Henry Lucas\*, που την καθιέρωσε το 1663). Στις πρώτες διαλέξεις του για την οπτική άρχισε να υποστηρίζει τις ιδέες του για το φως και τα χρώματα. Το 1672 δημοσίευσε ένα άρθρο στην επιθεώρηση της Βασιλικής Εταιρείας *Philosophical Transactions* με τίτλο 'New Theory about Light and Colours' Η κριτική που αντιμετώπισε υπήρξε θυελλώδης με κύριους αντιπάλους του τους Robert Hooke\*\*, τον Ολλανδό μαθηματικό, φυσικό και αστρονόμο Christian Huygens\*\*\* και τον Γάλλο πάστορα Ignatius Pardies\*\*\*\* διακεκριμένο καθηγητή της φυσικής φιλοσοφίας στο College of Clermont του Παρισιού. Η μελέτη του Νεύτωνα ήταν προκλητική όχι μόνο από τα αποτελέσματα αλλά και από τη μεθοδολογία της. Η επιτυχία βασιζόταν στην εισαγωγή των μαθηματικών στην επιστήμη των χρωμάτων και αποτελούσε άμεσο συμπέρασμα πειραμάτων. Η διαμάχη συνεχίσθηκε και εντάθηκε ακόμη και μετά την εφεύρεση από τον Νεύτωνα του κατοπτρικού τηλεσκοπίου το 1668. Η πολεμική που δεχόταν κυρίως από τον Huygens ήταν τόσο σφοδρή

που παρά το ότι το έργο του 'Opticks' ήταν ήδη έτοιμο από το 1675, τελικά το εξέδωσε το 1704 ένα χρόνο μετά τον θάνατο του Hooke. Ήδη όμως ο Νεύτων έχαιρε μεγάλης εκτίμησης και σεβασμού στον επιστημονικό κόσμο κάτι που εξέφρασε δημόσια η βασίλισσα της Αγγλίας Άννα επισκεπτόμενη το Cambridge και λέγοντας ότι είναι τυχερή και ευτυχής που είναι σύγχρονη ενός μεγάλου άνδρα, του Νεύτωνα. Την περίοδο από την εργασία περί φωτός και χρωμάτων έως την έκδοση του έργου του 'Opticks' τελειοποίησε την υπόθεση περί εκπομπής του φωτός και την πειραματική μεθοδολογία του. Απέστειλε μια μακρά επιστολή στη Βασιλική Εταιρεία για να συζητηθεί σε κάποια από τις συναντήσεις της με τίτλο "An Hypothesis Explaining the Properties of Light, Discoursed of in my Several Papers". Βεβαίως σημαντικό ρόλο στην εργασία έχει η υπόθεση της ύπαρξης του αιθέρα, ως μέσου μετάδοσης των σωματιδίων του φωτός. Εξηγούσε την διάθλαση με την μαθηματική βοήθεια της διαφοράς πυκνότητας του αιθέρα στο γυαλί, στο νερό και στον αέρα, θεωρία που οδήγησε στους νόμους της διάθλασης και της ανάκλασης. Ο Νεύτων στο θεμελιώδες έργο του 'Principia' άλλαξε την κοσμοθεωρία όλων των φυσικών επιστημών δίνοντας βαρύτητα στις δυνάμεις. Η πρώτη έκδοση της 'Οπτικής' του Νεύτωνα αποτελεί μια προσεκτική ανασκευή των 'Διαλέξεων περί Οπτικής' (1672 και 1675) (εικ. 11,12) αλλά δεν συμπεριλαμβάνει τον αιθέρα ή τη σωματιδιακή φύση του φωτός.

Το βιβλίο εκδόθηκε στην Αγγλική γλώσσα (εικ. 6) παρά την επικρατούσα τότε στα επιστημονικά συγ-

\* **Henry Lucas** (1610-1663). Ο αιδεσιμώτατος Henry Lucas υπήρξε μέλος του κοινοβουλίου και στέλεχος του Πανεπιστημίου του Cambridge από το 1639 έως το 1640. Με τη διαθήκη του άφησε £7000 για την δημιουργία του ιδρύματος Αλληλεγγύης Henry Lucas, και τη βιβλιοθήκη του αποτελούμενη από 4000 βιβλία καθώς και £100 ετησίως για τη δημιουργία στο Cambridge έδρας μαθηματικών και φυσικής την οποία πρώτος κατέλαβε ο Isaac Barrow το 1664 και αργότερα, το 1669 ο Sir Isaac Newton, της περιήφησης και σήμερα Lucasian Chair of Mathematics.

\*\* **Robert Hooke** (1635-1703) Ίσως ο μεγαλύτερος πειραματιστής επιστήμων του 17ου αιώνα, μαθητής και μετέπειτα συνεργάτης του περίφημου χημικού Robert Boyle (1627-1691) αλλά κατά καιρούς και των Antony van Leeuwenhoek (1632-1723), εφευρέτη του μικροσκοπίου, Christian Huygens, Christopher Wren κ.ά. Ο Hooke υπήρξε πολυμαθής με ευρύ πεδίο επιστημονικών ενδιαφερόντων από τη Φυσική και Αστρονομία στη Χημεία, Βιολογία, Γεωλογία, Αρχιτεκτονική και Ναυπηγική. Εφήυρε το ιδιόμορφο διάφραγμα, αναπνευστικό μηχανισμό, ελατήριο που χρησιμοποιήθηκε σε μηχανισμό ακριβείας ωρολογίων, κατασκεύασε και βελτίωσε το βαρόμετρο, το υγρόμετρο και το ανεμόμετρο, μελέτησε την ελαστικότητα (νόμος του Hooke), την συμπεριφορά των αερίων και τέλος η σημαντικότερη συμβολή του στη Βιολογία υπήρξε το έργο του 'Micrographia' και η εικονογράφηση του από δικά του ευρήματα με το εξαιρετικό μικροσκόπιο που κατασκεύασε.

\*\*\* **Christian Huygens** (1629-1695). Ένας από τους επιφανέστερους φυσικούς του 17ου αιώνα. Έγινε σε νεαρή ηλικία γνωστός λόγω της εφεύρεσης του εκκρεμούς μηχανισμού κίνησης του ωρολογίου. Αργότερα ανακάλυψε τους δακτύλιους του Κρόνου και τον πρώτον δορυφόρο του (τον Τιτάνα το 1655), δημοσίευσε επίσης την πρώτη εργασία για την θεωρία των πιθανοτήτων και προετοίμασε το έδαφος για την κυματική θεωρία του φωτός.

\*\*\*\* **Ignatius ή Ignace Pardies** (1636-1673) Γάλλος Ιησουΐτης πάστορας και σφοδρός αντίπαλος του Νεύτωνα. Η παρέμβαση με επιστολές του στη διαμάχη μεταξύ των Newton και Huygens είχε σαν αποτέλεσμα τη σαφέστερη διατύπωση των θεωριών του Newton. Είναι γνωστός για την αρχή του Pardies, σχετικά με τη διατήρηση της καμπυλότητας ενός καλωδίου όταν οι δυνάμεις που εφάπτονται σε δύο σημεία του, αντικατασταθούν από άλλες έτσι ώστε το σχήμα της καμπύλης να παραμείνει σταθερό.



Εικ. 6,7. Από την Αγγλική έκδοση των 'The Elements of Sir Isaac Newton's Philosophy', του Voltaire, London, 1738 (Συλλογή του συγγραφέα)

γράμματα Λατινική. Δύο χρόνια αργότερα έγινε μετάφραση του έργου στη Λατινική από τον Samuel Clarke κατά παράκληση του ίδιου του Νεύτωνα. Στο έργο του "Opticks" ο Newton πραγματεύεται την ανακάλυψή του για το λευκό φως, με πειράματα στα πρίσματα, στα έγχρωμα είδωλα των φακών και στο κατοπτρικό τηλεσκόπιο. Εξήγησε με ακρίβεια το ουράνιο τόξο (το ίδιο προσπάθησαν ο De Dominis το 1611 και μετά ο Καρτέσιος). Περιέγραψε επίσης τους δακτυλίους του Newton\*. Επίσης στο έργο του 'Opticks' περιλαμβάνονται δύο πολύ σημαντικές μαθηματικές πραγματείες (στη Λατινική) που γράφθηκαν ως απάντηση στον Leibniz στην προτεραιότητα της σημασίας των διαφορικών λογισμών\*\*. Στα κεφάλαια 12-16 ο Newton αναφέρεται στην όραση. Ενδιαφέρον έχει η αντιστοιχία των ινών του οπτικού νεύρου με τα αντίστοιχα μέρη του αμφιβληστροειδούς. Με τα ευρήματα αυτά ο Newton επιτυγχάνει την ερμηνεία της διόφθαλμης όρασης. Είναι

πιθανό ο Newton να έφθασε στην γνώση για το οπτικό χίασμα μελετώντας το έργο του William Briggs<sup>11</sup> (1642-1704)\*\*\*. Ο Newton είχε πλήρη γνώση της Ανατομίας του οφθαλμού. Ο Βολταίρος ανησυχούσε μήπως φανεί ότι ο Newton άφησε το Θεό έξω από την Οπτική του.<sup>12,13</sup>

### Newton και Voltaire

Ο Voltaire (1694-1778) γεννήθηκε στο Παρίσι και το όνομά του ήταν Francois-Marie Arouet αλλά ως νέος ποιητής και συγγραφέας ήδη από το 1718 χρησιμοποιούσε το Voltaire (Εικ 15). Η θυελλώδης ζωή του τον οδήγησε στη φυλακή της Βαστίλης το 1717, αλλά γράφοντας την τραγωδία *Oedipe* (εικ.17) καθιερώθηκε ως ο διάδοχος του μεγάλου δραματουργού Jean Racine (1639-1699). Το συγγραφικό του έργο τον οδήγησε στην Γαλλική Αυλή ως ποιητή. Τότε άρχισε ο Voltaire να ενδιαφέρεται για την Αγγλία και για την ελευθερία λόγου

\***Δακτύλιοι του Newton:** Δακτύλιοι με εναλλασσόμενη φωτεινότητα που δημιουργούνται όταν πέζεται η αφακική επιφάνεια ενός κοίλου φακού με μία κυρτή επιφάνεια ενός αμφίκυρτου μεγάλης εστιακής απόστασης. Ο Newton δεν γνώριζε κάτι για την οπτική παρεμβολή που ο Thomas Young (1773-1829) (εικ. 18) περιέγραψε 100 χρόνια αργότερα, αλλά οι δακτύλιοι του Newton συνέβαλαν θετικά στην συζήτηση για την κυματική μορφή του φωτός που υποστήριξε ο Young.

\*\* Ο Newton και ο Leibniz δούλευαν παράλληλα αλλά ανεξάρτητα στη θεωρία των διαφορικών λογισμών και αλληλογραφούσαν συχνά για το θέμα αυτό. Ο Gottfried Leibniz όμως δημοσίευσε πρώτος τα αποτελέσματα της εργασίας του με συνέπεια να ξεσπάσει διαμάχη με τον Newton ο οποίος έβαλε μάλιστα και δικηγόρο. Η έκβαση της διαμάχης έκλινε υπέρ του Newton αν και οι μαθηματικοί χρησιμοποιούν την μεθοδολογία και τον συμβολισμό του Leibniz. Το 2002 όμως μετά από συστηματική μελέτη των επιστολών και των χειρογράφων του τελευταίου διαπιστώθηκε ότι είχε αντιγράψει κατά λέξη ωρισμένα αποσπάσματα από τις επιστολές του Newton.

\*\*\* **William Briggs** (1642-1704), Στο περίφημο έργο του "Ophthalmographia" (1676) περιέγραψε την οπτική θηλή και τις ίνες του οπτικού νεύρου, '...Οι νευρικές ίνες του αμφιβληστροειδούς σχηματίζουν κατά την είσοδο του οπτικού νεύρου την θηλή όπως οι ακτίνες ενός κώνου που φωτίζεται...'



που απολάμβαναν οι διανοούμενοι και έμαθε αγγλικά για να μελετήσει το έργο του John Locke. Το 1726 αυτοεξορίστηκε για προσωπικούς και πολιτικούς λόγους στο Λονδίνο όπου παρέμεινε ως το 1729. Το διάστημα αυτό συνέβαλε τα μέγιστα στην ιστορία της επιστήμης γράφοντας και αναλύοντας τα έργα του Newton, επηρεαζόμενος από την ερωμένη του Marquise du Chatelet. Με την επιστροφή του στη Γαλλία διέδωσε την Αγγλική κουλτούρα και επιστήμη, γράφοντας το *‘Lettres philosophiques’*<sup>12</sup> βιβλίο που τον ανάγκασε να αυτοεξορισθεί στην περιοχή Cirey στη Lorraine με την φίλη του Madame du Chatelet\* (εικ. 16) όπου έγραψε το περίφημο έργο του *‘Elements de la philosophie de Neuton’* και εκδόθηκε (1738) συγχρόνως και στην Αγγλική με τίτλο *‘The Elements of Sir Isaac Newton’s Philosophy by Mr. Voltaire’* (εικ. 4, 5). Ο Voltaire με την έκδοση του βιβλίου αυτού δεν επεδίωκε στην απλή παρουσίαση του Newton

με τα αυστηρά επιστημονικά κριτήρια (της Φυσικής και των Μαθηματικών) αλλά ως νέα κοσμοθεωρία ένα *‘Παγκόσμιο Σύστημα’*<sup>7</sup> (εικ. 19). Ο Voltaire εξηγεί αυτό το Σύστημα στις επιστολές του με τίτλο *‘On the Socinians, or Arians, or Antitrinitarians’*, *‘On Descartes and Newton’*. *‘On the System of Attraction’* και στην *‘On Newton’s Optics’* όπου παράλληλα παρουσιάζει και κάποιες θεολογικές απόψεις του Νεύτωνα<sup>12</sup>. Το 1728 αμέσως μετά τον θάνατο του Newton εκδόθηκε μια μετάφραση στα Αγγλικά του τρίτου κεφαλαίου των *“Principia”* με τίτλο *“A Treatise of the System of the World”*<sup>7</sup> όπου ο Newton διακρίνει την μαθηματική από την φυσική θεώρηση των πραγμάτων.

Η επιστημονική κοινότητα θεωρούσε τον Newton ως εξέχοντα μαθηματικό και προικισμένο πειραματιστή φυσικό αλλά οι ακαδημαϊκοί κύκλοι του Πανεπιστημίου του Παρισιού και της γαλλικής Ακαδημίας Επι-



Εικ. 15. Ο μεγάλος φιλόσοφος Francois-Marie Arouet de Voltaire (1694-1778), ερασιτέχνης στην επιστήμη έκανε κατανοητές τις ιδέες του Isaac Newton με την καθοριστική βοήθεια της φίλης του Emilie du Chatelet, η οποία πιστεύεται ότι τον παρακίνησε στη συγγραφή, αλλά και συνέγραψε η ίδια δύο από τα κεφάλαια των *‘The Elements of Sir Isaac Newton’s Philosophy’* (Γκραβούρα από τη συλλογή της Δημόσιας βιβλιοθήκης της Νέας Υόρκης).

Εικ. 16. Η διάσημη μαρκεσία στο εργαστήριό της σε πίνακα του 1740 από τη συλλογή του Henri de Breteuil.

Εικ. 17. Η πρώτη σελίδα της αγγλικής έκδοσης του θεατρικού έργου του Voltaire *‘Zadig, or the Book of Fate’*, 1747 (συλλογή του συγγραφέα)

\* **Marquise Emilie du Chatelet** (1706-1749) Πρωτοπόρος γυναίκα φυσικός και μαθηματικός, φίλη του Voltaire που τον επηρέασε στην αγάπη του για τις φυσικές επιστήμες και τον βοήθησε στη συγγραφή του βιβλίου *‘Elements de la philosophie de Newton’*. Η Emilie είχε καλύτερη μαθηματική παιδεία από τον Voltaire και οι σύγχρονοι ιστορικοί της επιστήμης πιστεύουν ότι αυτή έγραψε τα δύο μαθηματικά κεφάλαια του βιβλίου. Ο Voltaire είπε γι’ αυτή *‘..ένας σπουδαίος άνθρωπος που το μόνο της σφάλμα ήταν που γεννήθηκε γυναίκα..’*. Επίσης μετέφρασε το έργο του Newton *‘Principia’* από τα λατινικά στην Γαλλική και εκδόθηκε δέκα χρόνια μετά το θάνατό της (1759).





Εικ. 18. Thomas Young (1773-1829), Εξέχων Άγγλος φυσικός και ιατρός, ευρυμαθής με καθοριστική συμβολή στην θεωρία της κυματικής φύσης του φωτός. Μέτρησε το μήκος κύματος στα επί μέρους τμήματα του φάσματος, ερμήνευσε την χρωματική αντίληψη και την προσαρμογή (1793) και περιέγραψε τον αστιγματισμό (1801), θεωρείται ο θεμελιωτής της Φυσιολογικής Οπτικής. Συνέγραψε επίσης ιατρικά έργα όπως 'Functions of the Heart and Arteries' (1808), *An Introduction to Medical Literature, including a System of Practical Nosology* (1813) και 'A Practical and Historical Treatise on Consumptive Diseases' (1815). Επίσης το 1814 αποκρυπτογράφησε Αιγυπτιακά ιερογλυφικά.

Εικ. 19. Από την αγγλική έκδοση του έργου του Νεύτωνα 'A Treatise of the System of the World' (London 1728) που αποτελείται από το τρίτο κεφάλαιο των 'Principia' (Συλλογή του συγγραφέα).

Εικ. 20. Πίνακας ανατομίας του οφθαλμού από το έργο του Voltaire 'Elements de la philosophie de Neuton' (Συλλογή συγγραφέα).

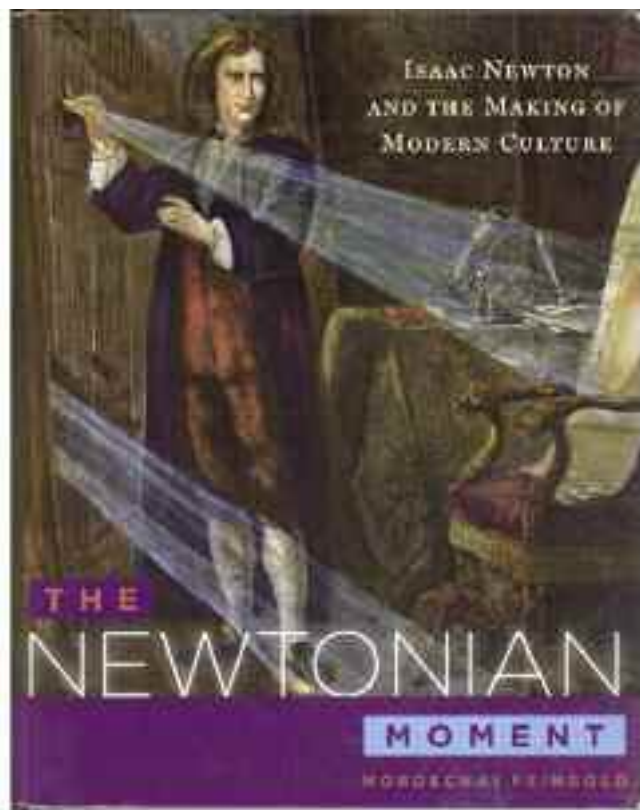
στημών καθώς και οι συνεργάτες του Leibniz απέρριπταν την μεθοδολογία του και την συνάφεια των θεωριών του με την φυσική φιλοσοφία. Ο Voltaire με το έργο του 'Elements de la philosophie de Neuton' συνέβαλε στην επιστημονική καθιέρωση και την αποδοχή του Newton. Η επιστημονική γνώση του Voltaire ήταν πολύ βαθιά και αμέσως μετά την έκδοση για τον Νεύτωνα μελέτησε τα βασικά έργα των Galileo, Kepler, Descartes, Huygens, Maupertuis και Berkeley όπως και επιστημονικών επιθεωρήσεων *Philosophical Transactions* της Royal society, *Journal des Savants* και *Journal des trevoux*.

Με την πρώτη έκδοση του 'Elements de la philosophie de Neuton' ο Voltaire ξεκαθάρισε τις αντιρρήσεις του με την Καρτεσιανή κοσμοθεωρία. Οι οπαδοί του Descartes πίστευαν σε ένα σύστημα που στηρίζεται στην Αιτία, ενώ ο Voltaire αποδέχονταν την Νευτώνεια εμπειρική θεώρηση του κόσμου που αποδεικνύονταν με το πείραμα.

Το βαθύ ενδιαφέρον και οι γνώσεις του Voltaire στην Ιατρική και την Ανατομία είναι εμφανείς στο έργο του

για τον Νεύτωνα αλλά και από τις βιβλιογραφικές παραπομπές που χρησιμοποιεί στο έργο του αυτό και σε άλλα (εικ. 20). Ο ίδιος αναφέρεται ότι παραπονιόταν ότι έπασχε από 'οφθαλμία' και χρησιμοποιούσε σκεύασμα αλοιφής με ήπιο απολυμαντικό και λάμβανε χάπια αλάτων υδραργύρου. Πάντως αναφέρεται ότι σε όλη του τη ζωή είχε πολύ καλή όραση και δεν φόρεσε γυαλιά. Το 1741 εξέδωσε την δεύτερη έκδοση των 'The Elements' αφαιρώντας τα κεφάλαια του Ολλανδού μαθηματικού και προσθέτοντας δικά του υπό το φως της δημοσίευσης του έργου του Robert Smith 'Complete System of Optics' που εκδόθηκε το 1738. Ο Voltaire ανατύπωσε το βιβλίο του το 1741, 1744 και το 1745. Η επιρροή του Newton στον Voltaire και τη Mme Emilie du Chatelet αναδείχθηκε σε όλες τις πτυχές με την έκθεση στην New York Public Library το 2004 με τίτλο: *The Newtonian Moment, Isaac Newton and the making of Modern Culture*<sup>10,14</sup> (εικ. 21).

Ο Francois Marie Arouet Voltaire υπήρξε θερμός υποστηρικτής και θαυμαστής του Isaac Newton και το έργο



Εικ. 21. Από τις 8 Οκτωβρίου 2004 έως τις 5 Φεβρουαρίου 2005 διήρκεσε η έκθεση 'The Newtonian Moment, Isaac Newton and the making of Modern Culture' στη Δημόσια Βιβλιοθήκη της Νέας Υόρκης. Τα χειρόγραφα, οι εκδόσεις, οι πίνακες και πολλά προσωπικά αντικείμενα που περιελάμβανε η έκθεση αυτή αποκάλυψαν τις πολλές πτυχές του μεγαλοφυούς πνεύματος του Νεύτωνα, αλλά και την επιρροή που άσκησε στον Francois Marie Arouet Voltaire και στη διάσημη φίλη του Mme Emilie du Chatelet. Η έκθεση αυτή συνεχίστηκε στην Huntington Library του San Marino από τον Ιούλιο του 2005 έως το Δεκέμβριο του 2005.

του 'The Elements of Sir Isaac Newton's Philosophy' αποτελεί ορόσημο στην ιστορία των Επιστημών, αλλά εξ ίσου και το έργο του Isaac Newton 'Opticks' έθεσε τις βάσεις στην μοντέρνα φυσιολογική Οπτική συμβάλλοντας τα μέγιστα στην πρόοδο της φυσικής και της Ιατρικής. Η ύπαρξη του έργου αυτού του Voltaire αποτελεί μια έκπληξη για την επιστημονική και ιατρική κοινότητα, παράλληλα όμως αποδεικνύει την άρρηκτη σχέση μεταξύ της φιλοσοφίας και της επιστήμης. Ο τίτλος του έργου φανέρωνε την πρόθεση του Voltaire να παρουσιάσει την φιλοσοφία του Newton και να μην αποτελέσει απλώς οδηγό στο επιστημονικό του έργο. Η επιρροή του Isaac Newton υπήρξε καταλυτική όχι μόνο στην εξέλιξη αλλά και στην φιλοσοφία των φυσικών επιστημών.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Sir Isaac Newton's 'Philosophiae Naturalis Principia Mathematica' (Mathematical Principles of Natural Philosophy) Impimatur, S. Pepys, Praesis London, 1686.
2. Sir Isaac Newton's 'Opticks: Or a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections and Colours of Light'. London: S. Smith and B. Walford, 1704.
3. Daniel M. Albert, M.D., David G. Cogan, Professor of Ophthalmology, Harvard Medical School: Notes from the Editors, The Classics of Ophthalmology Library, Division of Gryphon Editions, Birmingham, Alabama. 1991.
4. Marjorie Hope Nicholson, 'Newton Demands the Muse. Newton's Opticks and the Eighteenth Century Poets'. Princeton, NJ, Princeton University Press, 1966.

5. Isaac Newton, Philosophical Writings, Edited by Andrew Janiak, Cambridge University Press, 2004

6. Jean Pierre Maury, Newton, Understanding The Cosmos, Thames and Hudson, 1990.

7. Sir Isaac Newton, A treatise of the System of the World. F. Fayram, London, 1728.

8. 'The Elements of Sir Isaac Newton's Philosophy' By Mr. Voltaire, translated from the French, revised and corrected By John Hanna, M.A. Teacher of the Mathematics, London: Stephen Austin, 1738.

9. Julius Hirschberg, History of Ophthalmology vol. Two, The Middle Ages; The Sixteenth and Seventeenth Centuries, J.P.Wayenborgh, Verlag, 1985

10. Sir Isaac Newton: Highly important manuscripts. Sotheby's Catalogue, New York, 2004.

11. Daniel M. Albert, Diane D. Edwards, The History of Ophthalmology, Blackwell, Science, 1996

12. Voltaire, Philosophical Letters, translated by Ernest Dilworth, Bobbs-Merrill Company, Inc. 1961

13. Stephen D. Snobelen, Isaac Newton, heretic: the strategies of a Nicodemite, British Journal of History of Science, 199,32,381-419.

14. Mordechai Feingold, The Newtonian Moment, Isaac Newton and the making of Modern Culture. New York Public Library, Oxford University Press, New York, Oxford, 2004.

*‘..Η Φιλοσοφία της Φύσεως συνίσταται στην ανακάλυψη του πλαισίου και των λειτουργιών της Φύσεως, και κωδικοποιώντας τα, όσο είναι δυνατόν, σε γενικούς Κανόνες ή Νόμους που τους θεμελιώνουν οι παρατηρήσεις και τα πειράματα ερμηνεύουμε έτσι τις αιτίες και τα γεγονότα των πραγμάτων...’*

*Isaac Newton (1643-1727)*