

Η συνεισφορά της οπτικής στην γέννηση της φιλοσοφίας

Ξενοφών Διον. Μουσάς, Τομέας Αστροφυσικής, Αστρονομίας και Μηχανικής, Τμήμα Φυσικής,
Σχολή Θετικών Επιστημών, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών,
xmoussas@phys.uoa.gr, xmoussas@gmail.com
Στράτος Κουφός Εφορεία Αρχαιοτήτων Δωδεκανήσου, Ρόδος και Αστεροσκοπείο Ρόδου
"Εύδημος", stratos.koufos@gmail.com

Περίληψη

Η οπτική είναι επιστήμη που γεννήθηκε και αναπτύχθηκε στην Ελλάδα. Η οπτική συνεισέφερε σημαντικότερα στην μελέτη της φύσης, ιδιαίτερα στην σύσταση της ύλης, πιθανώς συνέβαλε στην αντίληψη ότι η ύλη είναι φτιαγμένη από κρυστάλλους (Πλατωνικά στερεά) καθώς κάποιοι φιλόσοφοι παρατήρησαν υλικά, πετρώματα, ακόμη και μετεωρίτες με την βοήθεια φακών σαν και αυτούς που έχουμε στα Ελληνικά μουσεία, Αρχαιολογικό Μουσείο Ηρακλείου, Αρχαιολογικό Μουσείο Ρόδου, Αρχαιολογικό Μουσείο Αγίου Νικολάου και το Αρχαιολογικό Μουσείο Πούσκιν στην Μόσχα.

Παρουσιάζονται αποτελέσματα που βασίζονται σε μετρήσεις όλων των φακών στους οποίους είχαμε πρόσβαση (Αρχαιολογικό Μουσείο Ηρακλείου και Ρόδου) και σε 1700 χωρία Ελλήνων φιλοσόφων που αναφέρονται σχεδόν αποκλειστικά σε κάτοπτρα με λίγες μόνο αναφορές σε φακούς και μερικά Αράβων και Λατίνων, οι οποίοι πάντοτε κάνουν αναφορά στους Έλληνες.

Οι αρχαίοι φακοί, ήδη από την 2η χιλιετία π.Χ., είναι αρκετά καλά κατασκευασμένοι, με μεγεθύνσεις που ποικίλλουν από 1,2X ως σχεδόν 3X ή εστιακές αποστάσεις από περίπου 1,5 cm έως 30 cm. Μέσα στις χιλιετίες είναι φανερό ότι κατασκευάζονται φακοί που χρησιμοποιούνται τόσο για επίδειξη και διακόσμηση, αλλά και στο εργαστήριο ενός κατασκευαστή ή ενός επιστήμονα.

Η ποιότητα των φακών είναι ικανοποιητική και τα είδωλα είναι αρκετά καλά. Δημιουργήσαμε πραγματικά είδωλα σε πετάσματα με όλους τους φακούς τα οποία είναι ικανοποιητικής ποιότητας με μικρές παραμορφώσεις και δίδουν την δυνατότητα χρήσης φακών από κατασκευαστές μικροτεχνημάτων, όπως σφραγιδολίθων.

Η θεωρητική γνώση της οπτικής προόδευσε με βάση την Ελληνική εφεύρεση των μαθηματικών αποδείξεων με θεωρήματα, όπως αυτά που χρησιμοποιεί ο Ευκλείδης στην οπτική με τα οποία μελετά ανακλάσεις σε περισσότερα του ενός κάτοπτρα.

Η συμβολή της οπτικής από την αρχαία εποχή μέχρι σήμερα είναι σημαντικότερη και αυτή οδήγησε στην δημιουργία του ηλεκτρομαγνητισμού στο δεύτερο ήμισυ του 19ου αιώνα στον οποίο βασίζεται ο σύγχρονος πολιτισμός.

Λέξεις κλειδιά: Οπτική, Ευκλείδης, Αρχιμήδης, Φακοί, κάτοπτρα, Θεωρητικά μαθηματικά, γέννησης πολιτισμού, γέννηση επιστημών, γέννηση φιλοσοφίας, αρχαία αστρονομία, αρχαία αστροφυσική, κοσμολογία, αρχαιοαστρονομία, Σέσκλο, αστρονομικός προσανατολισμός κτηρίων.

The contribution of Optics to the birth of Philosophy

Xenophon Moussas, Department of Astrophysics, Astronomy and Engineering, Department of Physics, School of Sciences, National and Kapodistrian University of Athens,
xmoussas@gmail.com

Stratos Koufos, Ephorate of Antiquities of Dodecanese, Rhodes and Observatory of Rhodes
"Evdimos", stratos.koufos@gmail.com

Abstract

In spite of Plato's generally negative position towards the body, but also towards the irrational parts of the soul (the spirited and the desiring ones), finally the philosopher doesn't seem to reject them completely. As we may remark in his works, the achievement of the «good life» and the eternal bliss depends on the exercise of the three parts of the soul, but also on the training of the body, which should express wisdom and the other virtues by its actions. A harmonious cooperation among all the parts composing the human being is necessary, in order to realise the ideal of excellence.

In my article, I shall examine how Plato presents the dance in his last work, the *Laws*, where the gods themselves come to teach men particular dances and to participate as «co-dancers» in the religious feasts of the ideal city. After referring first to the general importance Plato accords to the divine presence, I shall analyse some passages proving that Plato attributed a multiple role to the dance: aesthetic, educative, ethical, political and religious. Finally, I shall add some references to other dialogues, which, in my opinion, shed some more light on the way the philosopher evaluates the body's harmonious and rhythmic movement.

Key words : Plato, *Laws*, dance, gods, religion, political philosophy, ethics, education, Sesklo, ancient astronomy, ancient astrophysics, cosmology, archaeoastronomy, astronomical orientation of building

Η γέννηση του πολιτισμού και της φιλοσοφίας*

Ο πολιτισμός και η φιλοσοφία ειδικότερα γεννήθηκαν μαζί με τη πρώτη προσπάθεια του ανθρώπου να αναπτύξει επιστήμες και μάλιστα βασισμένες σε μετρήσεις, πειράματα και μαθηματικά που οδήγησαν αναπόδραστα στην αντίληψη της αιτιοκρατίας, της ύπαρξης νόμων της φυσικής που εκφράζονται σωστά και με ακρίβεια μόνο με τα κατάλληλα μαθηματικά με απαρχή στην Ιωνία¹. Η μεγάλη πρόοδος έγινε με τους Ίωνες φιλοσόφους που δημιουργούν τις φυσικές επιστήμες². Μαθηματικός, άλλωστε αρχικά σημαίνει φυσικός φιλόσοφος ο οποίος περιγράφει την φύση με τα μαθηματικά, που χρησιμοποιεί τα μαθηματικά για την επεξεργασία των μετρήσεων που έχει λάβει, να οδηγηθεί στην διατύπωση των σχετικών νόμων της φυσικής και προς επίρρωση των συμπερασμάτων του³.

Τα μαθηματικά δημιουργούνται από την προϊστορική εποχή μαζί με την αιτιοκρατία που εφαρμόζεται για την ανάγκη της πρόβλεψης του καιρού για την γεωργία, ώστε να γνωρίζουν πότε πρέπει να σπείρουν τα σιτηρά για να αποδώσουν. Αυτό πιθανότατα γίνεται στο Σέσκλο τέλη 7ης χιλιετίας π.Χ., όπως αποδεικνύει ο αστρονομικός προσανατολισμός των αρχαιότερων ορθογώνιων κτηρίων στην Ελλάδα και την Ευρώπη, ίσως και τον κόσμο όλο. Η αστρονομία απαιτεί χρήση γεωμετρίας και αριθμητικής για την κατασκευή ημερολογίων. Χρόνος κίνησης Ηλίου, μας λέει ο Πλάτων για τον ορισμό του χρόνου ο οποίος ουσιαστικά παραμένει και στην σύγχρονη φυσική, τον χρόνο τον αντιλαμβανόμαστε ε τις αλλαγές, κυρίως των θέσεων των αντικειμένων.

Οι θετικές επιστήμες και η γέννηση του πολιτισμού και της φιλοσοφίας

Ο προϊστορικός άνθρωπος για τις ανάγκες της γεωργίας αναγκάζεται να φτιάξει και να τηρεί ημερολόγια, δηλαδή εν τέλει, να προβλέψει την κίνηση Ηλίου, Σελήνης δηλαδή να προβλέψει τις κινήσεις των θεών του, και να αναπτύξει αστρονομία που του χρειάζεται για να προβλέψει τον καιρό, την εποχή της σποράς και με αυτό γεννιέται η επιστήμη, η θεωρητική επιστήμη με τα μαθηματικά και ο πολιτισμός με την φιλοσοφία. Ιστορικά γινόμαστε άνθρωποι καθώς βαθμιαία αναπτύσσουμε την αστρονομία και αναρωτιόμαστε για την φύση και κίνηση των ουρανίων σωμάτων και δημιουργούμε τον πολιτισμό.

Τα κάτοπτρα είχαν πολλές εφαρμογές. Φυσικά προορίζονταν και χρησιμοποιούνται για καλλωπισμό, για να αντικατοπτρίζουν οι άνθρωποι τον εαυτό τους. Όσο παράξενο και αν φαίνεται επειδή έχουν επιζηήσει σχετικά αρχαία κείμενα του Ευκλείδη και άλλων η μαθηματικοποιημένη οπτική είναι ήδη πολύ προηγμένη την εποχή του Ευκλείδη και γνωρίζουν καλά οι Έλληνες τον νόμο της ανάκλασης που μάθαμε στο Δημοτικό Σχολείο. Ο Ευκλείδης Έν τοῖς Κατοπτρικοῖς (176, 18) αναφέρει φησὶ γὰρ ἔκεισε ὁ Εὐκλείδης οὕτως· ἀπὸ τῶν ἐπιπέδων ἐνόπτρων καὶ κυρτῶν καὶ κοίλων αἱ ὅψεις ἐν ἴσαις γωνίαις ἀνακλῶνται. Οι ακτίνες του φωτός σχηματίζουν ίσες γωνίες με την κάθετο στην επιφάνεια του κατόπτρου, επιπέδου, κυρτού ή κοίλου.

Βαθμιαία γεννιέται η οπτική και γίνεται ένας σημαντικός κλάδος της φυσικής και ειδικότερα του ηλεκτρομαγνητισμού ο οποίος στηρίζει τον κύριο κορμό των τεχνολογικών εφαρμογών σήμερα, από τον φωτισμό και τι οπτικές ίνες με το ίντερνετ στο σπίτι μας μέχρι τον υπολογιστή μας, τον τρόπο που πετάει ένα αεροπλάνο, που κινείται το αυτοκίνητό μας, που σχεδιάζονται και φτιάχνονται τα φάρμακα σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές, ή που γίνονται οι εγχειρίσεις σήμερα με

¹ Cornford, F. M. (1942). Was the Ionian philosophy scientific?. *The Journal of Hellenic Studies*, 62, 1-7.

Dampier, W. (1961). *A history of science and its relations with philosophy and religion*. CUP Archive.

Long, A. A. (Ed.). (1999). *The Cambridge companion to early Greek philosophy*. Cambridge University Press.

Miller, P. L. (2011). Explaining the Cosmos: The Ionian Tradition of Scientific Philosophy. *Ancient Philosophy*, 31(2), 381-391.

² Π.χ. Graham, D. W. (2009). *Explaining the cosmos: The Ionian tradition of scientific philosophy*. Princeton University Press.

³ Zhmud Leonid (2018) *Physis in the Pythagorean Tradition*, *Philologia Classica*, 13. 50

οπτικά συστήματα και ρομποτικά νυστέρια. Όλα αυτά μοιάζουν ασύλληπτα, ακόμη και στους ειδικούς. Όλα αυτά βασίζονται κυρίως στον ηλεκτρομαγνητισμό, την οπτική, που αρχίζουν με τον Θαλή και γίνονται επιστήμη με την σύγχρονη μαθηματικοποιημένη έννοια με τον Ευκλείδη και τον Ήρωνα, με χρήση μαθηματικών θεωρημάτων, δηλαδή με θεωρητική φυσική. Σήμερα θεωρητική φυσική σημαίνει άκρως μαθηματικοποιημένη φυσική βασισμένη σε θεωρήματα και αξιωματική θεμελίωση.



Κάτοπτρο 2^{ης} χιλιετίας π.Χ. Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο.

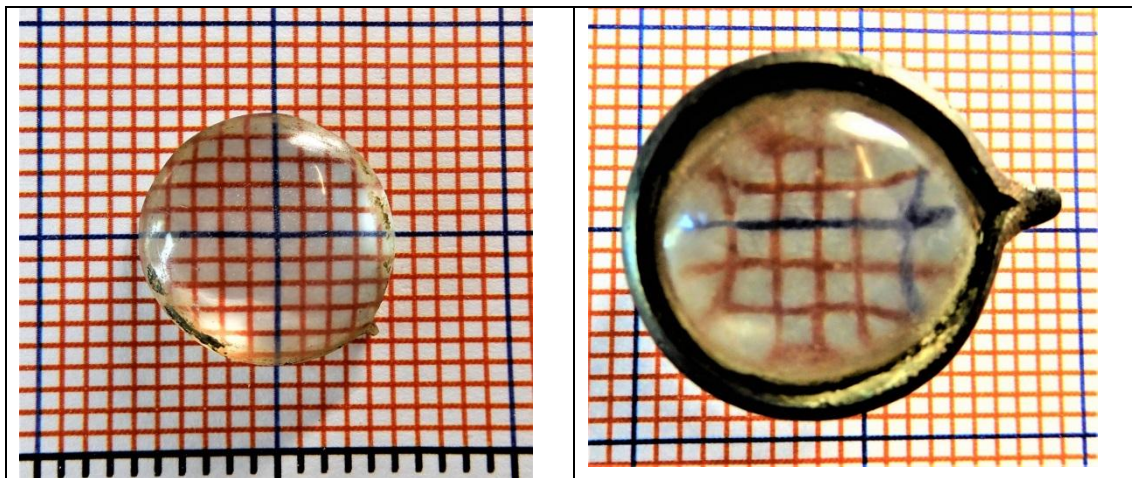
Έχω μελετήσει περίπου 1700 χωρία από αρχαία ελληνικά και μερικά λατινικά και αραβικά βιβλία και πηγές σχετικά με την οπτική. Τα μαθηματικά θεωρήματα οπτικής του Ευκλείδη για πολλαπλές ανακλάσεις του φωτός σε πολλά κάτοπτρα, δηλαδή αρχαία θεωρητική φυσική, και λεπτομερείς αναφορές του Πλούταρχου και άλλων σχετικά με είδωλα μετά από πολλαπλές ανακλάσεις σε κοίλα και κυρτά κάτοπτρα ουσιαστικά δείχνουν ότι η οπτική ήταν ήδη πολύ προηγμένη και κοινή γνώση των μορφωμένων Ελλήνων. Από τις πολυπληθείς αναφορές αρχαίων συγγραφέων και ειδικότερα από τις πιο εμπειριστατωμένες από αυτές είναι βέβαιο ότι αρχαίοι φιλόσοφοι μελετούσαν πολύπλοκες οπτικές συσκευές που κατασκεύαζαν ή που ήταν διαθέσιμες σε αυτούς. Από αυτά τα χωρία και από μετρήσεις αρχαίων φακών είναι φανερό ότι οι Έλληνες ήδη πριν από 4000 έτη χρησιμοποιούσαν οπτικά στοιχεία, φακούς και κάτοπτρα, ακόμη και σε συνδυασμούς και ίσως ακόμη και συστήματα όπως τα τηλεσκόπια ή μικροσκόπια, έστω για λόγους έρευνας και εκπαίδευσης αν όχι για παρατήρηση. Οι φιλόσοφοι μελετούν φυσικά οπτικά φαινόμενα όπως φαίνεται και στα Μετεωρολογικά του Αριστοτέλη.

Αλεξάνδρου φιλοσόφου, Σχόλια στα Μετεωρολογικά Αριστοτέλους, 141, 32 διὸ μέλλων λέγειν περὶ τε παρηλίων καὶ ῥάβδων, ἔτι δὲ ἄλλω τε καὶ ἴριδος, ἃ πάντα δι' ἐμφάσεώς τε καὶ κατοπτρικῶς ὁρᾶται, πρῶτον περὶ ἀνακλάσεως λέγει.

Ασφαλώς οι φιλόσοφοι μελετούσαν πειραματικά και θεωρητικά οπτικά φαινόμενα, κάτοπτρα και φακούς και σύνθετα οπτικά συστήματα που τους επέτρεπαν να κάνουν και παρατηρήσεις της φύσης.

Η οπτική κυρίως η γεωμετρική εξελίσσεται σωστά, βαθμιαία προς τις σημερινές αντιλήψεις της φυσικής, πολλές από τις οποίες παραμένουν αναλλοίωτες από την εποχή του Ευκλείδη. Ας

δούμε ένα χαρακτηριστικό κείμενο από τον Ψευδο-Πλούταρχο που αποδεικνύει αυτήν την αντίληψη. Πλούταρχου, Αρέσκοντα Φιλοσόφους (874d-901.D.5),



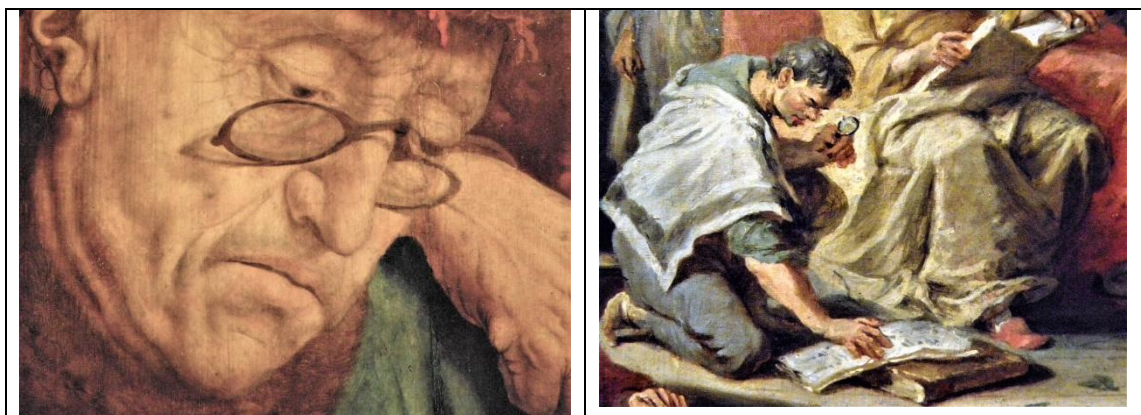
Δυο από τους φακούς της Ρόδου. Αρχαιολογικό Μουσείο Ρόδου.



Οι φακοί της Ρόδου. Βρέθηκαν σε αποθήκη του ναού της Αθηνάς στην Ρόδο. Είχαν προσφερθεί στην θεά ως ένδειξη ευγνωμοσύνης. Πιθανώς αντανακλούν την αντίληψη των Πυθαγορείων για τον Ήλιο, όπως την διατυπώνει ο Φιλόλαος (ο Κροτωνιάτης, 470 π.Χ. – 385 π.Χ.), ότι δηλαδή ο Ήλιος είναι ένας φακός που συγκεντρώνει το φως όλου του κόσμου και το εστιάζει στην Γη. Αρχαιολογικό Μουσείο της Ρόδου.

ιγ'. Περί όρασεως, πῶς ὁρῶμεν. Δημόκριτος Ἐπίκουρος κατ' εἰδώλων εἰσκρίσεις ᾤοντο τὸ ὁρατικὸν συμβαίνειν, καὶ κατὰ τινων ἀκτίνων εἴσκρισιν μετὰ τὴν πρὸς τὸ ὑποκείμενον

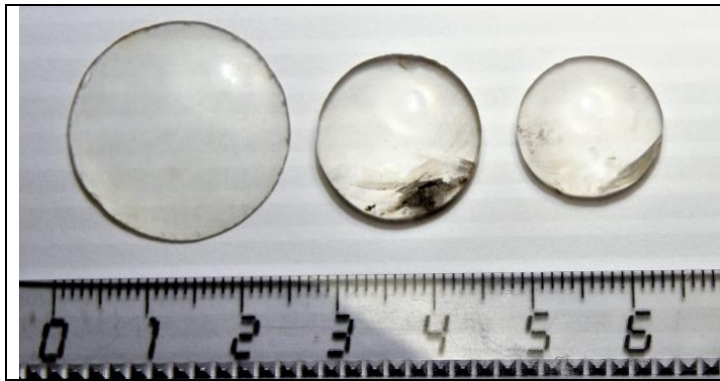
ἔνστασιν πάλιν ὑποστρεφουσῶν πρὸς τὴν ὄψιν. Ἐμπεδοκλῆς τοῖς εἰδώλοις τὰς ἀκτῖνας ἀνέμιξε, προσαγορεύσας τὸ γινόμενον ἀκτινεῖδωλον συνθέτως. Ἴππαρχος ἀκτῖνάς φησιν ἀφ' ἑκατέρου τῶν ὀφθαλμῶν ἀποτεινομένας τοῖς πέρασιν αὐτῶν οἷον χειρῶν ἐπαφᾷς περικαθαπτούσας τοῖς ἐκτὸς σώμασι τὴν ἀντίληψιν αὐτῶν πρὸς τὸ ὁρατικὸν ἀποδιδόναι. Πλάτων κατὰ συναύγειαν, τοῦ μὲν ἐκ τῶν ὀφθαλμῶν φωτὸς ἐπὶ ποσὸν ἀπορρέοντος εἰς τὸν ὁμογενῆ ἀέρα, τοῦ δ' ἀπὸ τῶν σωμάτων φερομένου ἀπορρεῖν τὸν δὲ μεταξύ ἀέρα εὐδιάχυτον ὄντα καὶ εὗτρεπτον συνεντείνοντος τῷ πυρῶδι τῆς ὀψεως. αὕτη λέγεται Πλατωνικὴ συναύγεια, δηλαδή πῶς εστιάζει το φως κατά πλάτωνα.



Ο φοροεισπράκτορας με γυαλιά, 1540, λεπτομέρεια από πίνακα του Marinus van Reimerswaal 1490-1550, Χρήση φακού από ένα σοφό στον Ναό του Σολομώντος κατά την επίσκεψη του νεαρού Χριστού. Λεπτομέρεια από τον πίνακα Ο Χριστός ανάμεσα στους σοφούς, 1743, Giovanni Paolo Panini (1691 – 1765), Εθνικό Μουσείο Βαρσοβίας.



Αρχαίοι προϊστορικοί φακοί από την Κρήτη, με τους οποίους πειραματίσθηκα και έφτιαξα ένα τηλεσκόπιο. Αρχ. Μουσείο Ηρακλείου και κα. Κ. Αθανασάκη.



Τρεις φακοί του 2000 π.Χ. από την Κρήτη. Αρχαιολογικό Μουσείο Ηρακλείου.

Ευχαριστίες Αρχαιολογικό Μουσείο Ηρακλείου και κα. Κ. Αθανασάκη.

Αρχαία οπτική

Ο Ίππαρχος λέει ότι αυτή η σύγκλιση ακτίνων που έρχονται από τα αντικείμενα που βλέπουμε και καταλήγουν μέσα στο μάτι και δημιουργούν το είδωλο. Από αυτή την φράση του Ίππαρχου και την προηγούμενη του Εμπεδοκλή είναι σαφέστατο ότι οι Έλληνες δεν υποστηρίζουν ότι η όραση δημιουργείται ως αποτέλεσμα ακτίνων που εκπέμπει το μάτι του ανθρώπου, όπως γράφουν λανθασμένα όλα τα βιβλία. Σύμφωνα με μερικούς μελετητές, τα κείμενα των ελληνικών φιλοσόφων εξηγούν τη φύση της όρασης ως ακτίνες φωτός που εκπέμπονται από το ανθρώπινο μάτι. Ο Neugebauer (1975) στο βιβλίο του ιστορία της Αρχαίας Μαθημ//ατικής Αστρονομίας υποστηρίζει αυτή την αντίληψη της εκπομπής από τον οφθαλμό του ανθρώπου. Ωστόσο, αυτή η πεποίθηση βασίζεται σε μια παρανόηση, αφού τα ελληνικά κείμενα απλά αναφέρουν την μαθηματική μέθοδο για να σχεδιάσουμε γραμμές των φωτεινών ακτίνων για να μελετήσουμε και να κατανοήσουμε την όραση. Η σύγχυση οφείλεται πιθανότατα στη χρήση του όρου όψις που έχει τρεις σημασίες τουλάχιστον α) οφθαλμός, β) την όραση και γ) τις ακτίνες φωτός, τα ευθύγραμμα τμήματα που χρησιμοποιούνται στη θεωρία της οπτικής για να μελετηθεί επιστημονικά η διάδοση του φωτός, δ) εμφάνιση, ε) παρουσίαση, στ) πρόσωπο, ζ) όραμα, η) ίρις του οφθαλμού, θ) υπόληψη ατόμου κ.α.

Ο Πλάτων υποστηρίζει ότι οι ακτίνες εστιάζουν στον μάτι αφού περάσουν από τον ομογενή αέρα. Συμπεραίνεται ότι για να αναφέρει «ομογενή αέρα» ξέρει ότι το είδωλο διαταράσσεται και παραμορφώνεται όταν ο αέρας μέσα στον οποίο διαδίδονται οι ακτίνες φωτός δεν είναι ομογενής, π.χ. ο αέρας γύρω από μια φωτιά ή στην ταραγμένη ατμόσφαιρα. Η Ερμηνεία αυτή είναι του γράφοντος και στον βαθμό που γνωρίζω δεν έχει γίνει μέχρι τώρα.

Αρχαίοι φακοί

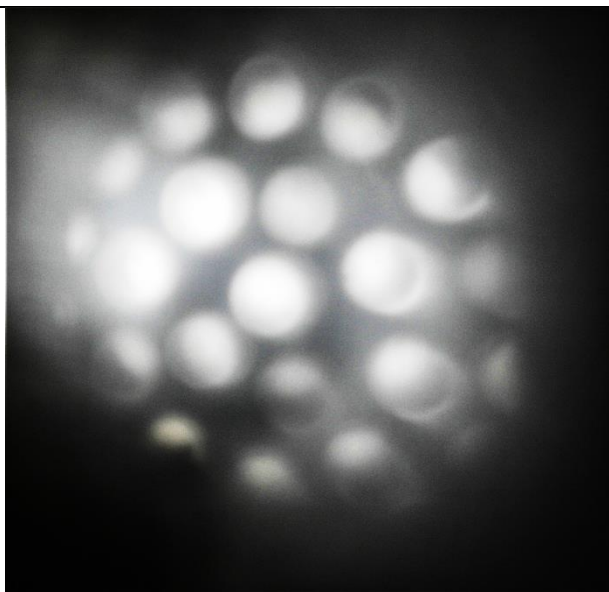
Έχουμε δει στα αρχαιολογικά μουσεία της Ελλάδας, του Ηρακλείου, της Ρόδου και του Αγίου Νικολάου, πολλούς αρχαίους φακούς. Έχει εκπονηθεί και παρουσιάζεται συνοπτικά προκαταρκτική μελέτη των αρχαίων κατόπτρων και φακών οι οποίοι πιθανώς επέτρεψαν την πραγματοποίηση παρατηρήσεων ακόμη και αστρονομικών. Οι αρχαίοι φακοί έχουν μελετηθεί από πολλούς αρχαιολόγους και άλλους επιστήμονες, όπως οι Σίνες και Σακελλαράκης (1987) που δείχνουν ότι χρησιμοποιούνταν και ως μεγεθυντικοί φακοί και ο Πλάντζος (1997) που θεωρεί ότι είναι διακοσμητικά αντικείμενα. Βλέπε επίσης Enoch (1998, 2000) που παρουσιάζει φακοειδές αντικείμενο που το θεωρεί διακοσμητικό και (Willach, 2008). Ασφαλώς ένας κατασκευαστής που δημιουργεί διακοσμητικά αντικείμενα, σφραγίδες μινιατούρες, λειαίνει ένα κρύσταλλο για να φτιάξει διακοσμητικό φακοειδές αντικείμενο διαπιστώνει ότι μέσα από το αντικείμενο αντιλαμβάνεται ότι μεγεθύνει τα αντικείμενα και στην συνέχεια χρησιμοποιεί τον φακό ως απλό μικροσκόπιο.

Ο Αριστοφάνης, στις Νεφέλες βάζει τον Στρεψιάδης να λέει Έχετε δει τη διαφανή πέτρα που μπορείτε να αγοράσετε από το φαρμακείο για να ανάψετε μια φωτιά; Σωκράτης: Ναι, εννοείτε το γυαλί (φακό), μπορείτε να το χρησιμοποιήσετε για να λιώσετε και να διαγράψετε από απόσταση τα γραπτά της αγωγής σας στο δικαστήριο. Είναι φανερό ότι υπήρχαν φακοί στην Ελλάδα που αγόραζες από το φαρμακείο για να ανάβεις την φωτιά στο σπίτι σου ή όπου αλλού. Τα πρακτικά της διαδικασίας του δικαστηρίου γράφτηκαν σε πινάκια καλυμμένα με ένα λεπτό στρώμα κεριού που ο Στρεψιάδης μπορούσε να διαγράψει από απόσταση με την εστίαση των ηλιακών ακτίνων στο στρώμα κεριού λιώνοντάς το. Είναι φανερό ότι οι κάτοικοι των Αθηνών την εποχή του Σωκράτη γνωρίζουν τι είναι φακοί και κάποιοι από αυτούς έχουν φακούς στο σπίτι τους.

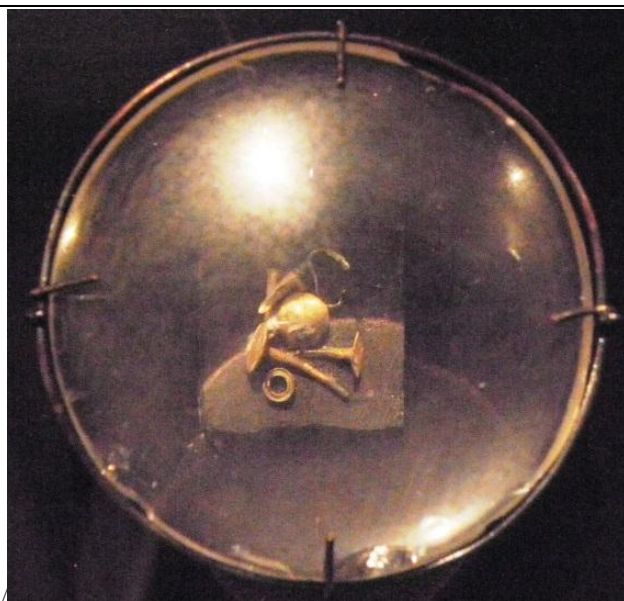
Ασφαλώς έχουν οι φιλόσοφοι και κάποιοι φιλόσοφοι τους χρησιμοποιούν να παρατηρούν την φύση.

Ο καλλιτέχνης που έφτιαχνε σφραγίδες όπως αυτή από την Πύλο, από τον τάφο του πολεμιστή του Γρύπα που μελέτησαν οι Davis και Stocker (2016) απεικόνισε την μονομαχία παρόμοια με αυτήν του Αχιλλέα με τον Έκτορα γύρω στο 1450 π.Χ. δηλαδή αιώνες πριν την συνήθη χρονολόγηση του Τρωικού πολέμου. Διακρίνουμε απίστευτες λεπτομέρειες όπως τα χέρια του «Αχιλλέα» με ένα σπαθί και τα δαχτυλάκια που φαίνονται ακόμη και τα νύχια σε ένα πίνακα ζωγραφισμένο σε ένα πολύτιμο πολύ σκληρό λίθο που ασφαλώς χρησιμοποιεί φακό για να το κατασκευάσει.

Οι φιλόσοφοι και οι επιστήμονες πιθανότατα παρατηρούν αστρονομικά και άλλα φυσικά φαινόμενα, όπως οι βροντές, τα σύννεφα και το ουράνιο τόξο και εκτελούν μελέτες σε εργαστήρια (σε αντίθεση με ότι πιστεύεται, στα οποία καθιερώνουν τις ιδιότητες των καθεπτών και ενδεχομένως των φακών.



χρήση ενός φακού του 2000 π.Χ. για την προβολή ενός ειδώλου πολλών μικρών φωτεινών πηγών (LED) με την από το Αρχαιολογικό Μουσείο Ηρακλείου και κα. Κ. Αθανασάκη.



Ο μεγαλύτερος από τους φακούς της Τροίας που βρήκε ο Σλίμαν. Μεγέθυνση γύρω στο 2Χ. Μουσείο Πούσκιν, Μόσχα.

Η παρούσα μελέτη βασίζεται στα πραγματικά δεδομένα των αρχαίων φακών που υπάρχουν στα Ελληνικά μουσεία. Μερικοί από αυτούς τους φακούς έχουν μετρηθεί έτσι ώστε να είναι γνωστά τα οπτικά τους χαρακτηριστικά. Παράλληλα έχουν χρησιμοποιηθεί αρχαία επιστημονικά βιβλία από

Έλληνες φιλόσοφους, συμπεριλαμβανομένου του Δημόκριτου και του Αριστοτέλη, με κείμενα που έχουν παραμεληθεί ή παρερμηνευτεί μέχρι σήμερα. Έχουμε μετρήσει διάφορους φακούς με βάση τις πραγματικές μετρήσεις που έχουν γίνει σε φακούς με διάφορα εστιακά μήκη, διαμέτρους και ποιότητες και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα.

Οι παλαιότεροι φακοί που έχουν μετρηθεί είναι πιθανώς 4.000 ετών. Προέρχονται, από την Κρήτη, ενώ άλλοι φακοί είναι διαφόρων χρονικών περιόδων της αρχαιότητας. Οι φακοί διαφόρων εστιακών διαστάσεων του 8ου ή του 7ου αιώνα π.Χ. από τη Ρόδο. Οι φακοί έχουν διάφορες εστιακές αποστάσεις και μεγεθύνσεις και κάποιοι διαθέτουν χειρολαβές που επιτρέπει να τους κρατάει ο χρήστης, ο οποίος πιθανότατα είναι καλλιτέχνης που σχεδιάζει και κατασκευάζει σφραγίδες, κοσμήματα κ.λπ..

Οι φακοί της Ρόδου που εκτίθενται στο Αρχαιολογικό Μουσείο της Ρόδου βρέθηκαν σε βαθύ αποθέτη βάρους περισσότερο των 25 μέτρων του ναού της θεάς Αθηνάς στην Ιαλυσό της Ρόδου. Είχαν προσφερθεί στην θεά Αθηνά ασφαλώς ως ένδειξη ευγνωμοσύνης ή μαζί με κάποιο αίτημα. Έχουν χάλκινο δακτύλιο και ένα χερούλι πιθανώς για να τους κρατούν ή να τους κρεμούν. Μπορεί να ήταν βοηθήματα όρασης πρεσβυώπων, μεγεθυντικοί φακοί με μεγεθύνσεις που ποικίλουν από που ποικίλουν από 1,5X μέχρι 3X. Επισημαίνεται ότι η μεγέθυνση στην πράξη εξαρτάται από τα μάτια του παρατηρητή. Ο πιστός που προσφέρει ένα φακό στην Αθηνά, ίσως πρεσβεύει την αντίληψη των Πυθαγορείων για τον Ήλιο, όπως την διατυπώνει ο Φιλόλαος, ότι δηλαδή ο Ήλιος είναι ένας φακός που συγκεντρώνει το φως όλου του κόσμου και το εστιάζει στην Γη. Αυτά μας πληροφορεί ο σημαντικότερος δοξογράφος Αέτιος, φιλόσοφος που έζησε τον πρώτο και δεύτερο αιώνα μ.Χ. ο οποίος συγκεντρώνει και μας παραδίδει όλα όσα είχε μάθει από τους παλαιότερους φιλοσόφους και τον οποίο αντιγράφουν και επαναλαμβάνουν ο Πλούταρχος, ο Πλίνιος ο Πρεσβύτερος, ο Θεοδώρητος και ο Πορφύριος μας πληροφορεί ότι ο Ήλιος σύμφωνα με τον Φιλόλαο είναι ένα φακοειδές σώμα φτιαγμένο από γυαλί το οποίο συλλέγει όλο το φως και το κατευθύνει εστιάζοντάς το στην Γη. Ας δούμε το κείμενο του Αετίου όπως μα το μεταφέρει ο Ιωάννης Στοβαίος στο Ανθολόγιό του (0528: 001) Φιλόλαος ὁ Πυθαγόρειος ὑαλοειδὴ τὸν ἥλιον, δεχόμενον μὲν τοῦ ἐν τῷ κόσμῳ πυρὸς τὴν ἀνταύγειαν, διηθοῦντα δὲ πρὸς ἡμᾶς τὸ τε φῶς καὶ τὴν ἀλέαν, ὥστε τρόπον τινὰ διττοὺς ἡλίους γίνεσθαι, τὸ τε ἐν τῷ οὐρανῷ πυρῶδες καὶ τὸ ἀπ' αὐτοῦ πυροειδὲς κατὰ τὸ ἐσοπτροειδὲς· εἰ μὴ τις καὶ τρίτον λέξει τὴν ἀπὸ τοῦ ἐνόπτρου κατ' ἀνάκλασιν διασπειρομένην πρὸς ἡμᾶς αὐγὴν. Παρατηρούμε ότι τον ονομάζει υαλοειδή και ότι έρχεται από αυτόν, από το πυρώδες [ακτίνες ηλίου;] που εκπέμπει το πυροειδές και συμπληρώνει ότι ο φακός Ήλιος στέλνει το φως το πυροειδές όπως συμβαίνει στα κάτοπτρα που με την ανάκλαση μας στέλνουν [το φως] στην εστία.

Πώς τα αντιλήφθηκαν αυτά οι Έλληνες. Προφανώς με πειράματα, με μετρήσεις, βασισμένοι στην αιτιοκρατία, την αντίληψη ότι υπάρχουν νόμοι της φυσικής οι οποίοι εκφράζονται με τα μαθηματικά και σε παρατηρήσεις χιλιετιών με γνώση που συσσωρεύεται και γίνεται ακριβέστατη με μετρήσεις και πειράματα.

Στις φωτογραφίες παρουσιάζονται μερικούς φακούς οι οποίοι είναι του 2000 π.Χ. και του 700 π.Χ. περίπου. Μερικοί από αυτούς είναι φακοί πολύ καλής ποιότητας ειδικά οι προϊστορικοί φακοί από όλα στα μουσεία μας και ειδικότερα δύο πολύ σημαντικά μουσεία στην Κρήτη του Ηρακλείου και του Αγίου Νικολάου αλλά και της Ρόδου που έχει καμιά δεκαριά οι οποίοι έχουν και ένα χερούλι για να το κρατάει κανείς να βλέπει τα αντικείμενα που επιθυμεί ή α συγκεντρώνει το φως του ηλίου όπως μας λέει ο Αριστοφάνης.

Οι φακοί του Αρχαιολογικού Μουσείου Ηρακλείου είναι προϊστορικοί της 2ης χιλιετίας π.Χ., πολύ καλής κατασκευής, όλοι κυκλικοί, με διαμέτρους που ποικίλουν. Ομάδα 21 φακών (προθήκη 49, αίθουσα V), 3 με διαμέτρους 1,5 cm, 18 φακούς με διάμετρο 1,7 cm και έναν άλλο με διάμετρο 2,4 cm (εκτός προθήκης), όλοι επιπεδόκυρτοι. Υπάρχουν ακόμη τέσσερα φακοειδή αντικείμενα, το ένα εξαιρετικά μικρό. Οι εστιακές αποστάσεις κυμαίνονται από 7-8 εκατοστά μέχρι περίπου 25 με 30 εκατοστά, δηλαδή είναι πολύ μεγαλύτερες, τριπλάσιες μέχρι δεκαπλάσιες των εστιακών αποστάσεων των φακών της Ρόδου οι οποίοι έχουν πολύ μικρές εστιακές αποστάσεις. Δυσ φακοειδή αντικείμενα διαστάσεων 2,8 και 1,3 cm στην προθήκη 49 δεν είναι κυκλικά, αλλά έχουν μορφή των φακών της Ρόδου, δηλαδή είναι ελαφρώς ατρακτοειδή, οφθαλμοειδή, θα τα λέγαμε πιο σωστά. Η εστία όλων των εννέα φακών του Μουσείου του Ηρακλείου που μελέτησα σχηματίζεται με καλή ακρίβεια που θα θεωρείτο απίστευτη για την εποχή. Οι ακτίνες καμπυλότητας δεν είναι σταθερές στην κυρτή επιφάνεια σε όλες τα επίπεδα τομής του φακού, όπως αναμένεται για χειροποίητους φακούς. Αυτή η απόκλιση καμπυλοτήτων δίνει καλά αποτελέσματα ειδώλου διότι οι συστηματικές ανωμαλίες που θα δημιουργούσε μια σύγχρονη μηχανή που αυτομάτως λειάνει φακούς με μηχανικό τρόπο δίνει συστηματικό σφάλμα που είναι εμφανέστατο διότι δημιουργεί σαφή ανεπιθύμητα είδωλα ενώ η λείανση με το χέρι εξομαλύνει τα

σφάλματα δημιουργώντας ανωμαλίες που η μια αναιρεί την άλλη αφήνοντας ωστόσο μια σαφή κυρίαρχη εικόνα ειδώλου.



Στο Αρχαιολογικό Μουσείο του Ηρακλείου υπάρχουν και μερικά πρισματικά ή πολυεδρικά αντικείμενα με πιο εντυπωσιακό ένα κανονικό Πλατωνικό δωδεκάεδρο που έχει στις έδρες του χαραγμένα γράμματα το Α, το Β, το Δ, πιθανώς το Θ ή γραμμικής Α ή Β.

Το Μουσείο Πούσκιν στην Μόσχα έχει 45 περίπου φακούς που ανακάλυψε ο Ερρίκος Σλίμαν στην Τροία. Οι πιο πολλοί έχουν διάμετρο γύρω στα 2 εκατοστά, ενώ μερικοί μέχρι 5 εκατοστά. Η μεγέθυνση που έχει ο μεγαλύτερο από του φακούς είναι γύρω στο 2 και η ποιότητα του ειδώλου πολύ καλή, όπως φαίνεται και στην φωτογραφία.



Κρυστάλλινο Πλατωνικό κανονικό δωδεκάεδρο με γράμματα. Αρχαιολογικό Μουσείο Ηρακλείου.

Στο εργαστήριο κάναμε πολλές δοκιμές χρήσης των αρχαίων φακών στην πράξη. Τα πειράματα παρατήρησης μικρών αντικειμένων που πραγματοποιήσα με τους αρχαίους φακούς χρησιμοποιώντας τους ως μεγεθυντικούς έδειξαν ότι όχι μόνον η εστίαση είναι σχεδόν άριστη, αλλά διακρίνοντας ικανοποιητικά οι μικρές λεπτομέρειες των αντικειμένων. Πολύ ικανοποιητικές

ήταν και πολλές πειραματικές προβολές φωτεινών αντικειμένων με τους αρχαίους φακούς, Χρησιμοποιώντας φωτεινή πηγή με πολλά μικρά φώτα LED πραγματοποιήσα πολλές ικανοποιητικές προβολές μέσω των αρχαίων φακών. Όλα τα πειράματα με όλους του φακούς έδειξαν ότι το είδωλο που σχηματίζεται είναι σχεδόν πάντοτε άριστο ή έστω ικανοποιητικό ακόμη και με του χειρότερης ποιότητας φακούς, όπως φαίνεται στις σχετικές εικόνες.

Αρχαία κάτοπτρα

Οι Έλληνες χρησιμοποιούν τρεις όρους για τους καθρέφτες: Κάτοπτρον, Έσοπτρον και Ένοπτρον. Στην ελληνική γλώσσα Έσ, Εν σημαίνει μέσα, Κάτ σημαίνει ενάντια, οπτ σημαίνει να κοιτάζει και-τρον, σημαίνει όργανο, έτσι ώστε αυτοί οι τρεις όροι σημαίνουν ένα όργανο για να κοιτάζει κανείς. Σύμφωνα με την ελληνική μυθολογία ο πρώτος καθρέφτης έχει γίνει από τον θεό Ήφαιστο για τον θεό Διόνυσο όπως περιγράφεται από τον Πρόκλο στο βιβλίο του Σχόλια στο Τίμαιο του Πλάτωνα. Η κατασκευή ενός κυρτού καθρέφτη περιγράφεται από τον Αγαθία στις Ιστορίες ο οποίος δηλώνει ότι ο κυρτός καθρέφτης εστιάζει τις ακτίνες του ήλιου σε ένα σημείο [Αίγλη το λένε οι αρχαίοι, δηλαδή την εστία, εστιακό σημείο].

Ο Απολλώνιος στο έργο του αποτελεσματικά δίνει μια συνταγή για το πώς να κατασκευάσει ένα κράμα για την επιφάνια μεταλλικού καθρέφτη χρησιμοποιώντας χαλκό, υδράργυρο, ασήμι, χρυσό, μόλυβδο, κασσίτερο και κρύσταλλο.

Κάτοπτρα χρησιμοποιούνται για να αντανακλούν το φως όπως στην περίπτωση του Φάρου της Αλεξάνδρειας, ενδεχομένως να παρατηρούν εικόνες αστρονομικών αντικειμένων και ακόμη και για κυνήγι, παγιδεύοντας ζώα, όπως ο Αθηναίος δηλώνει πολλές φορές βιβλίο Διπνοσοφισται το οποίο έχει μάθει από τον Κλέαρχο τον Σολέα. Ο Κλέαρχος από την Κύπρο ήταν μαθητής του Αριστοτέλη και πήγε μέχρι την Αλεξάνδρεια επί του Όξου ή Αλεξάνδρεια Ωξειανή πόλη η οποία ιδρύθηκε από τον Μεγάλο Αλέξανδρο, στην Σογδιανή δηλαδή στο Αφγανιστάν και μελέτησε και την Ινδική Φιλοσοφία. Μας τα περιγράφει ο Αθήναιος, στους Δειπνοσοφιστές (IX 393) περί δε τής τών ὀρτύγων θήρας ἰδίως ἰστορεῖ Κλέαρχος ὁ Σολεὺς ἐν τῷ ἐπιγραφομένῳ περὶ τών ἐν τῇ Πλάτωνος πολιτείᾳ μαθηματικῶς εἰρημένων γράφων οὕτως: οἱ ὄρτυγες περὶ τὸν τῆς ὀχείας καιρὸν, ἐὰν κάτοπτρον ἐξ ἐναντίας τις αὐτῶν καὶ πρὸ τούτου βρόχον θῇ, τρέχοντες πρὸς τὸν ἐμφαινόμενον ἐν τῷ κατόπτρῳ ἐμπίπτουσιν εἰς τὸν βρόχον. Δηλαδή την εποχή του Αριστοτέλη και του Μεγαλέξανδρου οι Έλληνες χρησιμοποιούν ένα κάτοπτρο μπροστά από το οποίο βάζουν ένα βρόχο, μια θηλιά, και το ορτύκι που καθρεπτίζεται περνώντας από μπροστά πάει στο είδωλό του στο καθρέπτη και πιάνεται στην θηλιά. Συνεπώς για να χρησιμοποιούν ένα καθρέπτη για να πιάνουν πουλιά οι καθρέπτες θα πρέπει να είναι σχετικά κοινοί και όχι πολύ ακριβοί.

Τα κάτοπτρα είναι σε χρήση από την 2η χιλιετία π.Χ., ήδη ο προϊστορικός άνθρωπος παρατηρεί πώς ανακλάται η ακτίνα του φωτός στην επιφάνεια του νερού. Αυτή η ανάκλαση του φωτός του Ηλίου στο νερό είναι κτήμα όλων τόσο που σε Χριστιανικά κείμενα αναφέρεται περισσότερες από εκατό φορές, όσο παράξενο και αν μοιάζει.

Επίσης εξαιρετικά ενδιαφέρον είναι και το επόμενο κείμενο του λεγόμενου Ψευδο-Πλουτάρχου για τα είδωλα που παράγουν τα κάτοπτρα: ἰδ'. Περὶ κατοπτρικῶν ἐμφάσεων. Ἐμπεδοκλῆς κατ' ἀπορροίας τὰς συνισταμένας μὲν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ κατόπτρου τελειουμένας δ' ὑπὸ τοῦ ἐκκρινόμενου ἐκ τοῦ κ ατόπτρου πυρῶδους καὶ τὸν προκείμενον ἀέρα, εἰς ὃν φέρεται τὰ ρεύματα, συµµεταφέροντος. Δημόκριτος Ἐπίκουρος τὰς κατοπτρικὰς ἐμφάσεις γίνεσθαι κατ' εἰδῶλων ὑποστάσεις, ἅτινα φέρεσθαι μὲν ἀφ' ἡμῶν συνίστασθαι δ' ἐπὶ τοῦ κατόπτρου κατ' ἀντιπεριστροφὴν.

Οἱ ἀπὸ Πυθαγόρου κατ' ἀντανακλάσεις τῆς ὀψεως φέρεσθαι μὲν γὰρ τὴν ὄψιν τεταμένην ὡς ἐπὶ τὸν χαλκόν, ἐντυχοῦσαν δὲ πυκνῶ καὶ λείῳ πληχθεῖσαν ὑποστρέφειν αὐτὴν ἐφ' ἑαυτὴν, ὁμοίον τι πάσχουσιν τῇ ἐκτάσει τῆς χειρὸς καὶ τῇ ἐπὶ τὸν ὦμον ἀντεπιστροφῇ. Δύναται τις πᾶσι τούτοις τοῖς κεφαλαίοις χρῆσθαι ἐπὶ τοῦ πῶς ὁρῶμεν.

Ο Πλούταρχος λέει ότι κατά τον Εμπεδοκλή τα είδωλα που δημιουργούν τα κάτοπτρα σχηματίζονται καθώς το πυρρῶδες [κάτι πυρῶδες; δηλαδή την ακτίνα φωτός, μάλλον έχει ορθογραφικό λάθος διότι πυρρῶδης σημαίνει βρώμικος, ρυπῶδης ενώ πυρῶδης είναι ο αναφερόμενος στο πυρ] που βγαίνει από το κάτοπτρο στον αέρα στον οποίο προχωρούν συγχρόνως τα ρεύματα (ακτίνες φωτός) που μεταφέρονται στον αέρα και δημιουργούν το είδωλο μπροστά από κάτοπτρο. Αν ο όρος πυρρῶδες σημαίνει με κόκκους σπόρους, δηλαδή σωματίδια τότε μπορούμε να πούμε ότι έχουμε την σωματιδιακή φύση του φωτός, τα φωτόνια.

Ο Δημόκριτος και ο Επίκουρος υποστηρίζουν σωστά ότι τα είδωλα από τα κάτοπτρα σχηματίζονται ανεστραμμένα μπροστά από κάποια κάτοπτρα.

Οι Πυθαγόρειοι λένε ότι τα είδωλα σχηματίζονται από ανακλάσεις των ακτίνων φωτός οι οποίες κινούνται επί ευθειών που όταν κτυπούν πάνω στο χάλκινο κάτοπτρο ανακλώνται και αλλάζουν κατεύθυνση απότομα, ενώ όταν εισέρχονται από ένα αραιό μέσο σε ένα πυκνό αλλάζουν κατεύθυνση δηλαδή διαθλώνται. Με όλα αυτά συμπεραίνει ο Πλούταρχος είναι φανερό ότι οι φιλόσοφοι ήδη γνωρίζουν αρκετά καλά πώς βλέπουν την φύση και τα έμβια όντα.

Χαρακτηριστικά μαθαίνουμε από τον Αέτιο (2ου αιώνα μ.Χ.), τον Πλούταρχο (ονομαζόμενο Ψευδοπλούταρχο) και τον Ευσέβιο του Παμφίλου, γεννημένο στην Παλαιστίνη Επίσκοπο της Καισαρείας (263 μ.Χ., 339 μ.Χ.), ο οποίος έχει γράψει πάρα πολλά και ακριβή για τις αστρονομικές γνώσεις των αρχαίων, ότι ο Θαλής είπε πρώτος περί εκλείψεως Ηλίου η οποία συμβαίνει καθώς η Σελήνη μπαίνει κάθετα στην ευθεία Γης Ηλίου, όπως είδε κατοπτρικός, δηλαδή όπως είδε με κάτοπτρο (κατοπτρικός υποτιθεμένω τῷ δίσκῳ), που εκτιμώ ότι ήταν κοίλο, σφαιρικό ή παραβολοειδές, συνεπώς με μια μορφή τηλεσκοπίου, και ίσως έτσι αντιλήφθηκε ότι ήταν γεώδους φύσης (οὔσης φύσει γεώδους).

Αέτιος 0528: 001 Περὶ ἐκλείψεως ἡλίου. Θαλῆς ἐκλείπειν αὐτὸν τῆς σελήνης ὑπερχομένης κατὰ κάθετον, οὔσης φύσεως γεώδους· βλέπεσθαι δὲ τοῦτο κατοπτρικός ὑποτιθέμενον τῷ δίσκῳ.

Επαναλαμβάνουν οι:

Ψευδοπλούταρχος, Περὶ τῶν ἀρεσκόντων φιλοσόφους φυσικῶν δογμάτων, 874d–911c, 0094: 003, Περὶ ἐκλείψεως ἡλίου Θαλῆς πρῶτος ἔφη ἐκλείπειν τὸν ἥλιον τῆς σελήνης αὐτὸν ὑποτρεχούσης κατὰ κάθετον, οὔσης φύσει γεώδους· βλέπεσθαι δὲ τοῦτο κατοπτρικός ὑποτιθεμένω τῷ δίσκῳ.

και

Ευσέβιος, περί εκλείψεως ἡλίου, Θαλῆς πρῶτος ἔφη ἐκλείπειν τὸν ἥλιον τῆς σελήνης αὐτὸν ὑπερχομένης κατὰ κάθετον, οὔσης φύσει γεώδους· βλέπεσθαι δὲ τοῦτο κατοπτρικός, ὑποτιθεμένην τῷ δίσκῳ.

Εἶχε πράγματι τηλεσκόπιο ο Θαλής, όπως μας λέει ο Πλούταρχος; Ο Πλούταρχος, στο βιβλίο του τα ἀρέσκοντα τοῖς φιλοσοφοῖς [874d-911c] και ειδικότερα στο Περὶ ἐκλείψεως ἡλίου γράφει: Θαλῆς πρῶτος ἔφη ἐκλείπειν τὸν ἥλιον τῆς σελήνης αὐτὸν ὑποτρεχούσης κατὰ κάθετον, οὔσης φύσει γεώδους· βλέπεσθαι δὲ τοῦτο κατοπτρικός ὑποτιθεμένω τῷ δίσκῳ. Αυτὴ εἶναι μια ενδιαφέρουσα περιγραφή.

Τα αρχαία επιστημονικά κείμενα που αποδεικνύουν την χρήση σύνθετων οπτικῶν συστημάτων αποτελούμενα από περισσότερους από έναν καθρέφτες ή ενδεχομένως από φακούς των Ελλήνων φιλοσόφων, όπως μας πληροφοροῦν ο Αριστοτέλης και ἀκόμη και ο θεατρικός συγγραφέας Αριστοφάνης, παρουσιάζονται επίσης ως αποδεικτικά στοιχεία. Οι αρχαῖοι φυσικοὶ φιλόσοφοι αναφέρονται σε συστήματα δύο ή περισσότερων καθρεπτῶν, κοίλων και κυρτῶν, που ἔχουν τις κατάλληλες ιδιότητες που επιτρέπουν στον χρήστη να ἔχει πραγματικά ή φανταστικά είδωλα, φάσματα ή εἰκόνες, όπως τα αποκαλούν. Σε ορισμένα από αυτά τα κείμενα είναι προφανές ότι χρησιμοποιούνταν για αστρονομικούς σκοπούς για να δουν «αστέρια», καθώς γράφουν, ονομάζουν κομήτες και μπορούμε να υποθέσουμε ότι ενδεχομένως σημαίνουν πλανήτες. Όλα αυτά αποδεικνύουν ότι οι άνθρωποι στην Ελλάδα ἔχουν αναπτύξει σύνθετα οπτικά συστήματα, πιθανῶς χρησιμοποιούμενα για παρατηρήσεις αντικειμένων στη Γη και ουράνια σώματα όπως κομήτες και φεγγάρι.

Πιθανά οπτικά συστήματα του Φάρου της Αλεξάνδρειας

Ο Φάρος της Αλεξάνδρειας είναι ένα από τα επτά θαύματα της αρχαιότητας και ἔχει υποστηριχθεί ότι πιθανῶς ἔχει οπτικά συστήματα που

(α) επέτρεπαν να είναι ορατός σε μερικές δεκάδες χιλιόμετρα στην Μεσόγειο, μερικοί λένε μέχρι 300 χιλιόμετρα μακριά, δηλαδή σχεδόν σε ὅλη την ανατολική Μεσόγειο που μοιάζει υπερβολή

(β) επέτρεπαν την κατόπτευση στην θάλασσα μέχρι τεράστια απόσταση, όπως εκτιμάται με χρήση κάποιου είδους τηλεσκοπίου.

Αυτά βασίζονται σε διάφορα κείμενα Ελληνικά και κυρίως Αραβικά. Λέγεται ότι ο Φάρος χρησιμοποιούσε τον ἥλιο ως πηγή φωτός κατὰ τη διάρκεια της ημέρας και την νύκτα φωτιά ως μέσο να ρίξει το φως του στη θάλασσα.

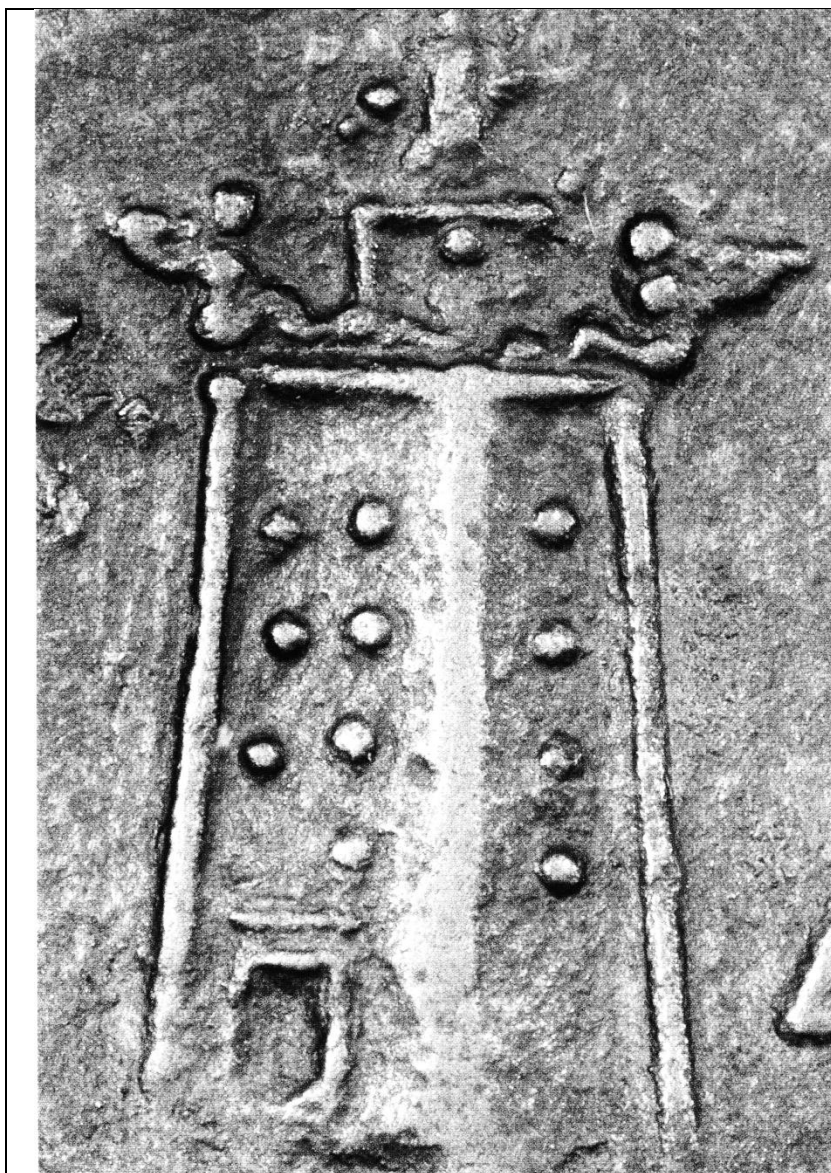
Ο Άραβας λόγιος γεωγράφος Al Muqaddisi (επίσης el-Mukaddasi ή al-Maqdisi, (946 - 991) , στο βιβλίο του Οδηγός της Αλεξάνδρειας αναφέρει ότι ένας καθρέφτης χρησιμοποιεῖτο ως τηλεσκόπιο

στην κορυφή του Φάρου της Αλεξάνδρειας από παλαιά. Με αυτόν οι Έλληνες και αργότερα οι Άραβες μπορούσαν να δουν κάθε πλοίο να διέρχεται ακόμη και σε τεράστια απόσταση και συνεπώς να προφυλάσσονται από του εχθρούς. Ο Αλ Μουκαδίσση δίνει περιγραφή του τηλεσκοπίου που ήταν κατασκευασμένο με ένα κάτοπτρο από γυαλί.

Παρόμοια περιγραφή δίδεται στο βιβλίο Το Δρομολόγιο του Βενιαμίν της Τουδέλας, Εβραίου γεωγράφου γεννημένου στην Tudela του Βασιλείου της Ναβάρρας ο οποίος έζησε κυρίως στην Καστίλλη (1130-1173). Ο Βενιαμίν περιγράφει επίσης ένα τηλεσκόπιο με γυάλινο κάτοπτρο στην κορυφή του Φάρου που επιτρέπει την παρατήρηση σε τεράστια απόσταση.

Οποιοδήποτε πλοίο που προστάθηκε να επιτεθεί στην πόλη, που έρχεται από την Ελλάδα ή από τα δυτικά εδάφη, θα μπορούσε να δουν (οι Άραβες) μέσα από αυτόν τον καθρέφτη γυαλιού σε απόσταση είκοσι ημερών ταξίδι και οι κάτοικοι θα μπορούσαν να συγκεντρώσουν την φρουρά τους. Ο Βενιαμίν συνεχίζει να περιγράφει πώς ένας Έλληνας καπετάνιος κατέστρεψε το τηλεσκόπιο, ώστε να μην μπορούν να δουν τα ελληνικά και άλλα σκάφη που ταξιδεύουν στη Μεσόγειο και μετά από αυτή την καταστροφή του κατόπτρου οι Έλληνες θα μπορούσαν να ανακαταλάβουν την Κρήτη και την Κύπρο.

Μια άλλη πηγή είναι ο Al-Hassan al-Haytham (Abū'Alī al-Ḥasan ibn al-Ḥasan ibn al-Haytham), που ονομάζεται Ptolemaeus Secundus (965-1040). Σπούδασε οπτική στο Κάιρο. Οι μελέτες του περιλαμβάνουν το μάτι, τους φακούς καθώς και την εστίαση καθρέφτη κυρτών, κοίλων και ιδιαίτερα κυλινδρικών κατόπτρων. Ο Al-Hassan al-Haytham έγραψε τέσσερα βιβλία, αλλά μόνο ένα επέζησε. Ένα βιβλίο συνοψίζει την Οπτική με βάση τα δύο βιβλία του Ευκλείδη και του Πτολεμαίου.



Ο άνω όροφος του Φάρου της Αλεξάνδρειας από αρχαίο νόμισμα. Διακρίνεται στην κορυφή ένα αντικείμενο που ίσως είναι οπτικό όργανο που είτε ήταν ένα είδος τηλεσκοπίου, ή κατεύθυνε το φως του φάρου συγκεντρωμένο σε μορφή δέσμης.

Είναι πολύ πιθανό ότι ο Φάρος είχε έναν "κυλινδρικό" καθρέφτη που χρησιμοποιείται ως τηλεσκόπιο. Αυτός ο τύπος κυλινδρικού καθρέφτη θα μπορούσε να ήταν παραβολικός καθρέφτης πιθανώς συνδυασμένος με υπερβολικό καθρέφτη, εμπνευσμένο από τα έργα του Αρχιμήδη. Άλλα έργα περιελάμβαναν μια Πραγματεία περί Καυστικών και μία σχετικά με τη Φύση της Οράσεως και τον τρόπο με τον οποίο επιτυγχάνεται το είδωλο με ένα κάτοπτρο. Έχουν γίνει γνωστές τρεις άλλες πραγματείες με τίτλο Πραγματεία περί σφαιρικών Πυρείων, πραγματεία σχετικά με παραβολικά καυστικά κάτοπτρα και την πραγματεία για τη σφαιρικά καυστικά κάτοπτρα. Αυτά τα μεσαιωνικά επιστημονικά βιβλία για την οπτική είναι πολύ σημαντικά και δείχνουν ότι με βάση τους Αλεξανδρινούς φιλοσόφους είναι τα έργα του Ευκλείδη, του Διοκλησίου, του Απολλώνιου, του Αρχιμήδη, του Ήρωνα, του Πτολεμαίου, αλλά και άλλων μεσαιωνικών, κυρίως ισλαμικών αραβικών κειμένων, με τα οποία συνεχίζουν να μελετώνται οπτικά συστήματα και ότι υπάρχει συνέχεια επιστήμη. Σε ορισμένα από αυτά τα βιβλία αναφέρονται οπτικά συστήματα του Φάρου και αυτό αποδεικνύει ότι υπήρχαν προηγμένα οπτικά συστήματα στον Φάρο για (α) να παρατηρούν τα πλοία στη θάλασσα και (β) να κατευθύνεται το φως προς την Μεσόγειο ώστε να φαίνεται το φως από πολύ μακριά.

Ο Roger Bacon, τον 13ο αιώνα, αναφέρεται σε έναν καθρέφτη που χρησιμοποιείται για να κοιτάξει στις βρετανικές ακτές (Albert Van Helden et al., 2010). Εάν αυτό είναι αλήθεια, μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι η αναφορά του Bacon για τόσο σημαντικές πληροφορίες μπορεί να αναφέρεται σε μια αρχαία πηγή. Για να μην ξεχνάμε ότι ο 13ος αιώνας ήταν ο προτελευταίος αιώνας που υπήρχε ο Φάρος πριν την πλήρη καταστροφή του το 1349. Έτσι, πολύ πριν από την καταστροφή του Φάρου υπήρχαν φήμες για τους καθρέφτες και τα μεγεθυντικά συστήματα που

είχε. Η αντιστοιχία των κατόπτρων του Φάρου με αυτά που περιγράφει ο Αρχιμήδης είναι εντυπωσιακή. Αλλά πώς είναι δυνατόν τα κάτοπτρα του Φάρου να έχουν κατασκευαστεί από τον Αρχιμήδη από την ολοκλήρωσή του το 280 π.Χ. που είναι και το έτος που γεννήθηκε ο Αρχιμήδης; Ασφαλώς θα ήταν δυνατό να τοποθετήθηκαν οι καθρέφτες αργότερα από τον Αρχιμήδη κατά τη διάρκεια της 20ετούς παραμονής του στην Αίγυπτο όταν είχε μαθητεία και συνεργασία με τον Ερατοσθένη. Επισημαίνεται ότι δεν υπάρχει αρχαία πηγή να υποστηρίξει αυτή τη θεωρία και οι σχετικές αναφορές δεν είναι βάσιμες.

Μια πολύ σημαντική περιγραφή των αστρονομικών παρατηρήσεων με ένα σύστημα δυο κατόπτρων, δίνεται από τον Φλάβιο Αρριανό (περ. 85 έως το 160 μ.Χ.) ο οποίος έγραψε την ιστορία του Μεγάλου Αλεξάνδρου στα ανάλεκτά του *de rebus physicis* όπου αναφέρεται στον Δημόκριτο, ο δάσκαλος του Ιπποκράτη για τον οποίο λέει ότι χρησιμοποιώντας ένα «τηλεσκόπιο» παρατηρεί τους πλανήτες και κατάφερε να αντιληφθεί τα αέρια συστατικά των κομητών. Ο φιλόσοφος Απολλώνιος στο βιβλίο του Αποτελέσματα (*Apotelesmata Apollonii Tyranensis, Patrologia Syriaca*) δηλώνει ότι δεν μπορούμε να γνωρίζουμε όλα συμβαίνουν στη Γη σε όλα τα γεωγραφικά πλάτη και τον ουρανό, εκτός και αν χρησιμοποιήσουμε έναν καθρέφτη για να δούμε καθαρά. Ο σπουδαίος μαθηματικός και αστρονόμος Εύδοξος έγραψε ένα δημοφιλές βιβλίο αστρονομίας με τίτλο «Φαινόμενα και καθρέφτες» (Φαινόμενα και Ένοπτρον) όπου έδωσε μια περιγραφή του ουρανού. Μπορούμε να υποθέσουμε ότι χρησιμοποίησε στον τίτλο τον όρο καθρέφτης για ένα βιβλίο που περιγράφει τον ουρανό, υποδεικνύοντας ότι η παρατήρηση του ουρανού γινόταν και με κάτοπτρα.

Η οπτική στην συνδρομή της αρχαίας αστροφυσικής και της μελέτης του μικρόκοσμου;

Όσοι έχουμε σπουδάσει φυσικές επιστήμες αναρωτιόμαστε πώς είναι δυνατόν να έγινε αντιληπτή η πραγματική φύση των ουρανίων σωμάτων από τους αρχαίους φιλοσόφους χωρίς δολιχοδρομίες, αλλά αμέσως διαπίστωσαν το σωστό. Ασφαλώς οι φιλόσοφοι είναι γίγαντες της διανόησης και οδηγήθηκαν στα συμπεράσματά τους με πολλές παρατηρήσεις και φιλοσοφικές συζητήσεις. Μελετώντας τα τελευταία χρόνια την αρχαία οπτική έχοντας μετρήσει κιόλας σχεδόν δυο δεκάδες αρχαίους φακούς πάνε πίσω στο 2000 π.Χ. και συγχρόνως μελετώντας τα όσα λίγα αρχαία κείμενα έχουν διασωθεί, επιλέξαμε γύρω στα 1700 χωρία μικρά ή μεγαλύτερα.

Οδηγηθήκαμε από αυτά τα κείμενα και τις μετρήσεις μας των αρχαίων φακών στην αντίληψη ότι οι φιλόσοφοι είχαν τη δυνατότητα να παρατηρούν την φύση, τον μέγακοσμο στον ουρανό και τον μικρόκοσμο γύρω τους είτε με γυμνό μάτι είτε με βοήθεια κατόπτρων και φακών που υπήρχαν διαθέσιμοι. Ασφαλώς παρατήρησαν ουράνια σώματα όπως είναι οι κομήτες και διαπίστωσαν ότι έχουν αέρια, όπως συμπέραναν αφού βλέπουν μέσα από την ουρά των κομητών τα άστρα πίσω τους και συνεπώς η ύλη τους είναι αέρια.

Πίνακας διαβάσεων Αφροδίτης (Fred Espenak)

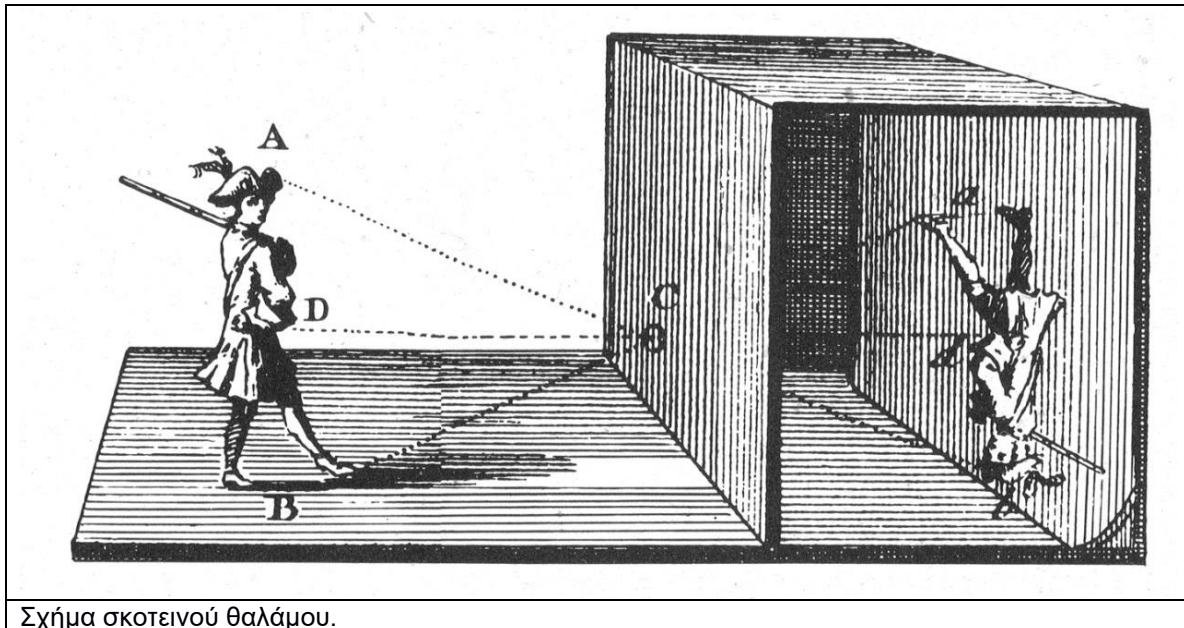
Έτος	Μην	Ημ	έναρξη	Μέγιστο	λήξη	θέση				
Date	I	II	Greatest	III	IV	Sep.	RA	Dec	GST	Series
0060 May 23	23:20	23:34	03:23	07:11	07:25	87.4	3.817	20.25	15.939	3
0181 Nov 22	19:36	19:52	23:39	03:27	03:42	114.3	15.895	-20.48	4.064	4
0303 May 24	03:27	03:42	07:28	11:13	11:28	157.7	3.977	20.71	16.089	3

<https://web.archive.org/web/20080523085558/http://eclipse.gsfc.nasa.gov/transit/catalog/VenusCatalog.html>

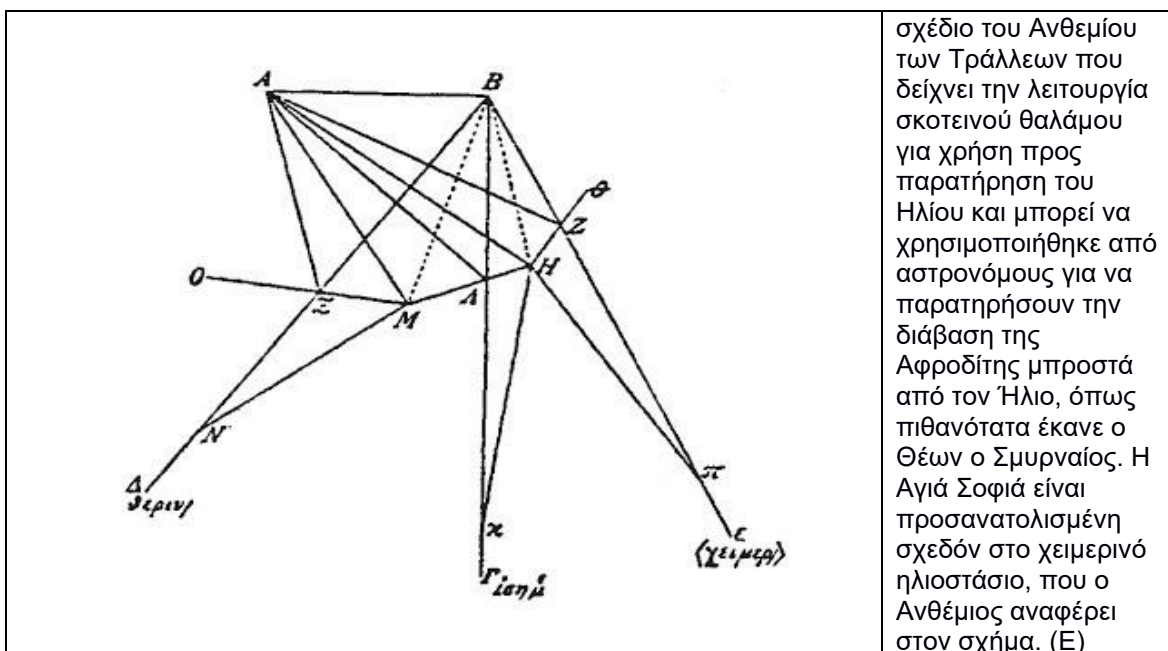
Ο Θέων ο Σμυρναίος (μαθηματικός και φιλόσοφος (70 μ.Χ. - 135 μ.Χ.) εξαιρετικός μαθηματικός και αστρονόμος, και συστηματικός επιστήμων, έχει παρατηρήσει μια διάβαση της Αφροδίτης μπροστά από τον Ήλιο. Ο Θέων Σμυρναίος παρατήρησε τους πλανήτες Ερμή και Αφροδίτη τα έτη 127, 129, 130 και 132 όπως παραθέτει ο Πτολεμαίος. Στον πίνακα των διαβάσεων που παρατίθεται (Espanak, 2020) υπογραμμίζονται του 60 μ.Χ. και 303 μ.Χ. οι οποίες είναι παρατηρήσιμες από την Ελλάδα, οι οποίες είναι πριν και μετά την περίοδο που έδρασε ο Θέων και συνεπώς δεν πρέπει να τις είδε, εκτός αν έζησε πριν ή μετά από την περίοδο που εκτιμάμε ότι έζησε.. Δεν γνωρίζουμε πώς έκανε την παρατήρηση πιθανότατα με την μέθοδο του σκοτεινού θαλάμου (*camera Obscura*) την αρχή στην οποία βασίζεται η κατασκευή του που περιγράφει και ο Αριστοτέλης και ακόμη καλύτερα με διαφορετικό τρόπο και με σχήματα που επέζησαν ο Ανθέμιος των Τράλλεων που έφτιαξε την Αγια-Σοφιά⁴. Ειδικά για αυτό θεωρώ ότι πρέπει να μελετηθεί περεταίρω η γεωμετρία της Αγια-Σοφιάς για την οποία έχω βρει ότι το φως της

⁴ Renner, E. (2012). *Pinhole photography: from historic technique to digital application*. Routledge.

ανατολής εισέρχεται κατά την ανατολή του Ηλίου τα Χριστούγεννα, δηλαδή την τελευταία ημέρα πριν αρχίσει να μεγαλώνει η ημέρα.



Ασφαλώς ο Ανθέμιος γνωρίζει άριστα αστρονομία και αφού περιγράφει τον σκοτεινό θάλαμο εκτιμώ ότι πρέπει να γίνει μελέτη της Αγία-Σοφίας ώστε να εξετασθεί το ενδεχόμενο να χρησιμεύει ως σκοτεινός θάλαμος για να παρατήρηση του Ήλιου, όπως συμβαίνει με τον καθεδρικό ναό της Μπολώνιας.



σχέδιο του Ανθεμίου των Τράλλων που δείχνει την λειτουργία σκοτεινού θαλάμου για χρήση προς παρατήρηση του Ηλίου και μπορεί να χρησιμοποιήθηκε από αστρονόμους για να παρατηρήσουν την διάβαση της Αφροδίτης μπροστά από τον Ήλιο, όπως πιθανότατα έκανε ο Θέων ο Σμυρναίος. Η Αγία Σοφία είναι προσανατολισμένη σχεδόν στο χειμερινό ηλιοστάσιο, που ο Ανθέμιος αναφέρει στον σχήμα. (Ε)

Γνωρίζουμε ότι ο Ερατοσθένης μέτρησε την περίμετρο της Γης σωστά. Την μέτρηση αυτή έκαναν και άλλοι Έλληνες με άλλες μεθόδους επίσης με ακρίβεια. Αυτό που δεν είναι γνωστό είναι ότι ο Ερατοσθένης μέτρησε σωστά και την απόσταση Γης ηλίου με μέθοδο που δεν γνωρίζουμε. Παραθέσαμε το χωρίο που αναφέρεται σε πιθανή παρατήρηση της Σελήνης από τον Θαλή με την χρήση κατόπτρου η οποία ακόμη και αν δεν έγινε δείχνει τις δυνατότητες που οι συγγραφείς θεωρούν ότι είχαν οι φιλόσοφοι.

ψευδοπλούταρου, *Αρέσκοντα τοις φιλοσόφοις* (874d) Έρατοσθένης τὸν ἥλιον ἀπέχειν τῆς γῆς σταδίων μυριάδας τετρακοσίας καὶ ὀκτακισμυρίας

$[[10.000 \times (400 + 80.000)] \times 186 \text{m} = 149.954.400.000 \text{m}]$ ίση με την σωστή $149.597.870.700 \text{m}$], την δε Σελήνην απέχειν τῆς Γῆς μυριάδας ἑβδομήκοντα ὀκτώ $[780.000 \times 180 \text{m} = 140.400.000 \text{m}]$, ενώ η ορθή απόσταση Γης Σελήνης είναι διπλάσια $384,400.000 \text{m}$].

Ο Πυθαγόρας, ο Πλάτων και οι Πυθαγόρειοι που θεωρούν, όπως οι σύγχρονοι φυσικοί, χημικοί, με τις μετρήσεις στο CERN και αλλού, ότι η ύλη είναι φτιαγμένη από «χημικά στοιχεία» και τα χημικά στοιχεία από «στοιχειώδη σωμάτια», τα οποία για τον Πλάτωνα είναι δυο ορθογώνια τρίγωνα, ένα ισοσκελές και ένα σκαληνό με τα οποία κατασκευάζει τα «χημικά στοιχεία» του ή τα πρωτόνια, νετρόνια και ηλεκτρόνια. Αυτή την αντίληψη η οποία φυσικά μπορούμε να υποθέσουμε ότι είναι και απόρροια της θεωρίας των ιδεών του Πλάτωνος. Οι ιδέες του Πλάτωνος είναι πιθανότατα εξιδανικευμένα μαθηματικά μοντέλα που περιγράφουν τα υλικά αντικείμενα. Τα Πλατωνικά στερεά χρησιμοποιεί και ο Κέπλερ όταν επιχειρεί να βρει τις αποστάσεις των πλανητών και την μουσική των σφαιρών, δηλαδή την αρμονία των συντονισμών των πλανητών. Ο (ψευδο)Πλούταρχος στα Αρέσκοντα Φιλοσοφοίς (874d) γράφει

Πλάτων τὸν ὁρατὸν κόσμον γεγονέναι πρὸς παράδειγμα τοῦ νοητοῦ κόσμου· τοῦ δ' ὁρατοῦ κόσμου προτέραν μὲν εἶναι τὴν ψυχὴν, μετὰ δὲ ταύτην τὸ σωματοειδὲς τὸ ἐκ πυρὸς μὲν καὶ γῆς πρῶτον, ὕδατος δὲ καὶ ἀέρος δεύτερον. Πυθαγόρας πέντε σχημάτων ὄντων στερεῶν, ἅπερ καλεῖται καὶ μαθηματικά, ἐκ μὲν τοῦ κύβου φησὶ γεγονέναι τὴν γῆν, ἐκ δὲ τῆς πυραμίδος τὸ πῦρ, ἐκ δὲ τοῦ ὀκταέδρου τὸν ἀέρα, ἐκ δὲ τοῦ εἰκοσαέδρου τὸ ὕδωρ, ἐκ δὲ τοῦ δωδεκαέδρου τὴν τοῦ παντὸς σφαῖραν.

Ο Πλάτων ασφαλώς έχει μελετήσει κρυσταλλικά υλικά και διαπιστώνει ότι κρυσταλλώνονται σε διάφορα συστήματα όπως λέμε επιστημονικά σήμερα τα οποία οι Μπράγκ, πατέρας και υιός, βρήκαν το 1914 ότι κατατάσσονται σε επτά κρυσταλλικά συστήματα και 32 κρυσταλλικές τάξεις παρόμοια με τα στερεά του Πλάτων με συμμετρίες, παρόλο που δεν το αναφέρουν στην εργασία τους, που τους έδωσε το βραβείο Νόμπελ το επόμενο έτος.

Υπάρχει βεβαίως η λανθασμένη αντίληψη ότι ο Πλάτων δεν εκτιμά την χειρονακική εργασία, και συνεπώς δεν θα μελετούσε με τα χέρια του και τα μάτια του την φύση και κρυστάλλους, Αλλά ούτε με φακούς; Νομίζω ότι αντιθέτως εκτιμούσε και τους μηχανικούς όπως φαίνεται και από το ακόλουθο:

Γοργίας (0059: 023) Διὰ ταῦτα οὐ νόμος ἐστὶ σεμνύνεσθαι τὸν κυβερνήτην, καίπερ σῶζοντα ἡμᾶς, οὐδὲ γε, ὧ θαυμάσιε, τὸν μηχανοποιόν, ὃς οὔτε στρατηγοῦ, μὴ ὅτι κυβερνήτου, οὔτε ἄλλου οὐδενὸς ἐλάττω ἐνίστε δύναται σῶζειν· πόλεις γὰρ ἔστιν ὅτε ὅλας σῶζει.

Ασφαλώς θα μελέτησε την φύση ο Πλάτων και ειδικότερα την κρυσταλλική φύση των υλικών, και αφού υπήρχαν φακοί θα τους χρησιμοποίησε και θα οδηγήθηκε στην ανάπτυξη της θεωρίας [ερ'ι ύλης με την εισαγωγή των κανονικών πολυέδρων.

Υποθέτουμε ότι η αντίληψη ότι τα άστρα είναι συμπυκνώσεις αερίων δημιουργήθηκε με την παρατήρηση κομητών που πέρασαν πολύ κοντά στην Γη ή που τους παρατήρησαν με ένα κοίλο κάτοπτρο ή με πιο σύνθετο οπτικό όργανο. Έχουμε περιγραφές που μας πείθουν ότι παρατήρησαν κρυσταλλικά σώματα που έπεσα στη γη και τα πιάσανε και διαπίστωσαν ότι ήταν ότι είναι πέτρες και ότι κάποια έβγαζαν αέρια και έτσι οδηγούνται σιγά-σιγά στην αντίληψη τω θερμών αερίων. Οι μετεωρίτες επειδή είναι αντικείμενα που έρχονται από τον ουρανό, ασφαλώς βοήθησαν τους φιλοσόφους να διαμορφώσουν αντίληψη για την φύση όχι μόνο της ύλης, αλλά ειδικότερα της ύλης των ουρανίων σωμάτων, του Ήλιου της Σελήνης και των άστρων αλλά και των πλανητών. Κάποια περιγραφή λέει ότι τα άστρα είναι κισσηρώδη όπως η λάβα των ηφαιστειών όταν περιέχει πολλά αέρια και γίνεται ελαφρόπετρα, πέρα με πολλές τρυπούλες, σαν σφουγγάρι. Μερικοί σιδηρομετεωρίτες γίνονται κισσηρώδεις όταν περιέχουν άλλα υλικά που εξαχνώνονται πέφτοντας στην Γη με αποτέλεσμα να έχουν κοιλότητες.

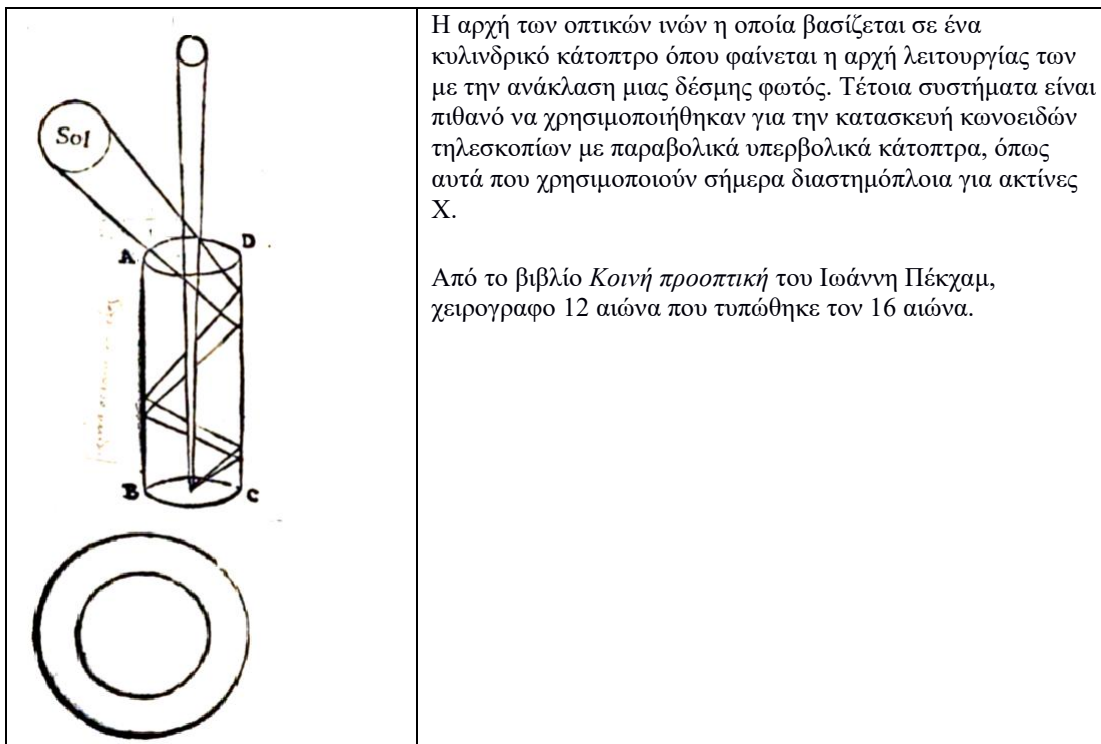
Κομήτες, μετεωρίτες, μικρόκοσμος και κοσμολογία



Η μελέτη κομητών και μετεωριτών έπαιξε σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη των επιστημών, της φυσικής και της πρώιμης αστροφυσικής και ειδικότερα κοσμολογίας. Ασφαλώς οι φιλόσοφοι μεταξύ των οποίων οι Πυθαγόρειοι και ο Πλάτων ιδιαίτερος μελέτησαν μετεωρίτες, πιθανώς και

με την βοήθεια φακών και οδηγήθηκαν στην κρυσταλλική δομή των υλικών, την φύση, στον μικρόκοσμο και τον μεγάλο.

Υπάρχουν περιγραφές πτώσεων μεγάλων μετεωριτών που έρχονται μαζί με το πέρασμα ενός κομήτη. Περιγράφεται τεράστιος μετεωρίτης αλλάζει κατεύθυνση καθώς οδεύει στον ουρανό. Ασφαλώς αλλάζει κατεύθυνση από τα αέρια του βγαίνουν ασύμμετρα από τα πλέον εύηχτα υλικά του που είναι ανομοιογενώς κατανομημένα και εξαερώνονται στα τμήματα του μετεωρίτη που υπερθερμαίνονται καθώς τρίβονται με τον αέρα. Αυτή η περιγραφή δίδεται και από τον Αριστοτέλη που περιγράφει την πτώση ενός μετεωρίτη για τον οποίο αναφέρεται αλλού ότι ήταν τουριστική ατραξιόν για 1.000 τουλάχιστον έτη. Σήμερα ακόμη ένας τέτοιος ουρανοπετής λίθος, ένας μετεωρίτης, υπάρχει στον ναό της Αφροδίτης στην Κύπρο. Η μορφή του μετεωρίτη της Αφροδίτης στην Κύπρο ο οποίος έχει ύψος γύρω στα 1,7 μέτρα έχει αλλάξει τελείως καθώς στην διάρκεια των χιλιετιών οι επισκέπτες τον έπιαναν μέχρι και σήμερα ακόμα που είναι έκθεμα του Μουσείου.

Πρέπει να προσέχουμε ιδιαίτερος όταν αναφέρονται οι αρχαίοι σε φυσικά φαινόμενα γιατί η ορολογία τους δεν συμπίπτει με την δική μας, πρέπει να διαβάζουμε τα κείμενα δυο-τρεις φορές, να τα μελετάμε πολύ καλά να επανερχόμαστε. Μόνον έτσι μπόρεσα να καταλάβω ότι ο Αριστοτέλης αναφέρεται σε τεράστιο μετεωρίτη που έπεσε στους Αιγός Ποταμούς και μάλιστα δημιούργησε ένα «σεισμό» και ένα [κρουστικό] κύμα και ένα Τσουνάμι πιθανότατα. Ο μετεωρίτης των Αιγός Ποταμών ασφαλώς είχε ταχύτητα υπερηχητική πολλών Μαχ. Αυτά τα αντικείμενα μπορεί να έχουν ταχύτητα μέχρι 200 Μαχ και συνεπώς να εκλύουν ενέργεια 40.000 φορές μεγαλύτερη ενέργεια από όσην αποδίδει ένα υπερηχητικό αεροπλάνο με ταχύτητα ένα Μαχ. Αντιλαμβανόμαστε τι επιπτώσεις είχε για την Ελλάδα την εποχή των Ιώνων φιλοσόφων που έπεσε αυτό το αντικείμενο που πιθανότατα ήταν κομμάτι από ένα κομήτη που πέρασε και ήταν ορατός και εντυπωσιακός για μήνες. Θυμόμαστε όταν έπεσε ένα τέτοιο αντικείμενο πριν από λίγα χρόνια στην Ρωσία έσπασε ένα 200.000 τζάμια σε σύγχρονα σπίτια. Φανταστείτε τις επιπτώσεις που είχε πριν 25 αιώνες στις απλές οικίες, σχεδόν καλυβάκια που έκαναν τότε οι άνθρωποι. Αυτό το φαινόμενο περιγράφει ο Αριστοτέλης ότι ένα σώμα που έπεσε στη γη δημιούργησε τους σφοδρούς ανέμους και κύματα, κρουστικά κύματα στην ατμόσφαιρα, που με την σειρά τους δημιούργησαν τεράστια κύματα στη θάλασσα, Τσουνάμι. Αυτό λέει ο Αριστοτέλης και όχι ότι όταν περνάει ένας κομήτης γίνονται σεισμοί και έχουμε ισχυρούς ανέμους, όπως διδαχθήκαμε στο Γυμνάσιο ή Λύκειο.



	<p>Μετεωρίτης αταξικός, κρυσταλλωμένος σε διάφορα συστήματα. Ευχαριστίες Ελληνικό Μουσείο Μετεωριτών και κ.Τάκη Θεοδοσίου.</p>
	<p>οκταεδρικός μετεωρίτης, κρυσταλλωμένος στο οκταεδρικό σύστημα. Ευχαριστίες Ελληνικό Μουσείο Μετεωριτών και κ.Τάκη Θεοδοσίου.</p>

Η αρχή των οπτικών ινών όσο παράξενο και αν φαίνεται περιγράφεται σε ένα βιβλίο του Ιωάννη Πέκχαμ, (John Pecham, 1230 –1292) που γράφτηκε τον 13ο αιώνα και τυπώθηκε τον 16 αιώνα. Οι οπτικές ίνες βασίζονται σε ένα κυλινδρικό κάτοπτρο (οπτική ίνα) στο εσωτερικό του οποίου συμβαίνει η ανάκλαση της δέσμης φωτός που εισέρχεται από το ένα άκρο. Τέτοια συστήματα περιγράφονται πολύ πριν τον Ιωάννη Πέκχαμ. Ο Εγγλέζος Ιωάννης σπούδασε στο Πανεπιστήμιο των Παρισίων στον 11ο αιώνα και αργότερα έγινε Αρχιεπίσκοπος της Αγγλίας. Το βιβλίο του έχει τον τίτλο *Κοινή Προοπτική* [δηλαδή Κοινή Οπτική θα λέγαμε σήμερα] και σε αυτό περιγράφεται και η αρχή λειτουργίας των οπτικών ινών, παραβολικών και υπερβολικών, αλλά και κυλινδρικών κατόπτρων. Ο Ιωάννης βασίζεται αποκλειστικά στους Έλληνες, Ευκλείδη, Αρχιμήδη. Διοκλή κ.α.. Τέτοια κάτοπτρα είναι πιθανό να χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή κωνοειδών τηλεσκοπίων με παραβολικά και υπερβολικά κάτοπτρα σε συνδυασμό, όπως αυτά που χρησιμοποιούν σήμερα διαστημόπλοια για ακτίνες Χ.

Συμπεράσματα

Οι αρχαίοι φτιάχνουν φακούς και κάτοπτρα που από την αρχή της επιστημονικής αποχής, δηλαδή την εποχή των Ιώνων φιλοσόφων και ιδιαιτέρως στο Μουσείο και την Βιβλιοθήκη της Αλεξάνδρειας γεννιέται η οπτική ως επιστήμη με μαθηματικά και θεωρήματα φυσικής. Είναι βέβαιο ότι οι Έλληνες φιλόσοφοι και επιστήμονες χρησιμοποίησαν φακούς και κάτοπτρα, επίπεδα, κοίλα και κυρτά, παραβολοειδή και υπερβολοειδή πειραματιζόμενοι. Κατασκευάζουν σύνθετα οπτικά συστήματα που τα μελετούν πειραματικά και θεωρητικά με θεωρήματα που ποδεικνύουν με μαθηματικά (αύλως, χωρίς χρήση υλικών μέσων) και κάνουν και παρατηρήσεις ειδώλων, πραγματικών και φανταστικών ειδώλων.

Ευχαριστίες

Εκφράζουμε τις ευχαριστίες μας στο Αρχαιολογικό Μουσείο Ηρακλείου, Αρχαιολογικό Μουσείο Ρόδου, Αρχαιολογικό Μουσείο Αγίου Νικολάου, Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο, Μουσείο Πούσκιν, Ελληνικό Μουσείο Μετεωριτών τις κυρίες Δρα Α. Αθανασάκη, Δρα Μ. Φιλήμονος-Τσοποτού, τον καθηγητή κύριο Ρ. Vitti, καθηγητή κύριο Στέλιο Ζερεφό και κύριο Τάκη Θεοδοσίου.

Βιβλιογραφία

- Acerbi, F. (2011), The geometry of burning mirrors in Greek antiquity. Analysis, heuristic, projections, lemmatic fragmentation. Archive for History of Exact Sciences, 65(5), 471–497.
- Adler, M.N. (trans.) (1907), The Itinerary of Benjamin of Tudela, by Benjamin of Tudela, The Project Gutenberg EBook, Critical text, translation and commentary, by Marcus Nathan Adler, first published by Philipp Feldheim, Inc. The House of the Jewish book, New York, First edition: Henry Frowde, Oxford University Press, London
- Al Kindi, Abu Yūsuf Ya'qūb ibn 'Ishāq aṣ-Ṣabbāḥ al-Kindī, manuscripts
- Al-Asyuti, Jalal al-Din Husn al-muhadara fi akhbar Misr wa'l-Qahira, Muhammad Abu al-Fadl Inrahim (Ed.) Cairo 1998
- Albert Van Helden, Sven Dupre, Rob van Gent, Huib Zuidervaat (2010), The origins of the telescope, KNAW Press, Amsterdam
- Al-Idrisi, Opus Geographicum, Eds. A. Bombaci, U. Rizzitano, R. Rubinacci, L. Veccia Vaglieri from Istituto italiano per il medio ed estremo oriente (Naples-Rome, 1972). See also edition of E. Cerulli, F. Gabrielli, G. Levi della Vida, L. Petech, G. Tucci, Istituto Universitario Orientale di Napoli, Naples-Rome, 1970.
- Al-Makrizi, Khitat al-Khitat Bulaq 1270 Egipt's date
- Al-Masud, Ali ibn Al-Husayn Les praires d'Or (Muruj al-dhahab wa ma'adin al gawhar), 9 vol., transl. C. Barbier de Maynard & Pavet de Courteille (Paris, Societe Asiatique, Collection d'Ouvrages Orientaux 1861-77), Vol. 8, 1874
- Al-Muqaddisi, Muhammad ibn Ahmad Ahsan at-Taqdsim fi macrifat al-Aqdlfm, M. de Goeje, Leiden 1877
- Anthemius of Tralles, On surprising mechanisms
- Apollonius, Apotelesmata
- Aristophanes, Clouds
- Aristoteles, De coloribus
- Aristoteles, De mundo

- Athenaeus, *Deipnosophistae*, Loeb Classics
- Bonaventure Abat (1763), *Amusements philosophiques sur diverses parties des sciences, et principalement de la physique et des mathématiques*
- Cornford, F. M. (1942). Was the Ionian philosophy scientific?. *The Journal of Hellenic Studies*, 62, 1-7.
- Dampier, W. (1961). *A history of science and its relations with philosophy and religion*. CUP Archive.
- Davis, J. L., & Stocker, S. R. (2016). The Lord of the Gold Rings: the griffin warrior of Pylos. *Hesperia: The Journal of the American School of Classical Studies at Athens*, 85(4), 627-655.
- Diodorus Siculus, *Bibliotheca historica*
- el-Andalusi, Abu Hagag Yusef Ibn Mohamed el-Balavi (personal communication with late professor N. Ambraseys)
- Enoch, J. M. (1998) Ancient lenses in art and sculpture and the objects viewed through them, dating back 4500 years. In *Photonics West'98 Electronic Imaging* (pp. 424-430). International Society for Optics and Photonics
- Enoch, J. M. (2000), In Search of the Earliest Known Lenses (Dating Back 4500 Years). In *Optics and Lasers in Biomedicine and Culture* (pp. 3-13). Springer Berlin Heidelberg,
- Euclid, *Catoptrics*
- Eudemus, *Heraclides Ponticus*
- Eudoxus, *Phenomena and Mirror*
- Evans, J., Berggren, J.L. (2006) *Geminus's Introduction to the Phenomena: A Translation and Study of a Hellenistic Survey of Astronomy*, Princeton University Press
- Flavius Arrianus, *Fragmenta de rebus physicis*
- Foster E.M. (1961), *Pharos and Pharillon*, Hogarth Press, New York
- Gardner, J. P., Mather, J. C., Clampin, M., Doyon, R., Greenhouse, M. A., Geminus, *Fragmenta optica*
- Giambattista della Porta, *Magiae naturalis libri XX in quibus scientiarum naturalium, divitiae et deliciae demonstrantur*, Napoli: Horatium Salvanum, 1589; 1658 English version, *Natural Magick* by John Baptista Porta a neapolitane in twenty books, London; Della Porta, G. (1957) *Natural Magic*, Basic Books. See also Della Porta, G. (1999). *De refractione optices parte: libri novem...* Ex officina Horatii Salviani, apud Jo. Jacobum Carlinum, & Antonium Pacem.
- Graham, D. W. (2009). *Explaining the cosmos: The Ionian tradition of scientific philosophy*. Princeton University Press.
- Heinle, E. and Leonhardt, F., *Towers: A Historical Survey*. New York: Rizzoli, 1989
- Heron of Alexandria (1900) *Opera quae supersunt Omnia. Mechanica et catoptrica*, ed. L. Nix and W. Schmidt. Leipzig: B. G. Teubner.
- Heron, *Definitiones*
- Irby, G. L. (editor). (2016). *A companion to science, technology, and medicine in ancient Greece and Rome*. John Wiley & Sons, Inc.
- Irby-Massie, G. L., & Keyser, P. T. (2002). *Greek science of the Hellenistic era: a sourcebook*. Psychology Press.
- Johannes Peckham, *Perspectiva communis*
- Josephus (Titus Flavius Josephus, 1st century AD), b. J. IV 613
- Libri, G., Paris, 1835
- Long, A. A. (Ed.). (1999). *The Cambridge companion to early Greek philosophy*. Cambridge University Press.
- Lucian, *Hippias*
- Lucian, *Quom. hist. sit. scrib.* 62.
- M.-A. Rizzo, I sigilli del "Gruppo del Suonatore di Lira" dalla stipe dell' Athenaion di Ialysos, *ASAtene* 85 (2007), p. 33-82.
- Medaglia, S. M., & Russo, L. (1995). Sulla prima "definizione" dell'Ottica di Euclide". *Bollettino dei classici*, 41-54.
- Melina Philimonos-Tsopotou (2014) Cinq lentilles grossissantes, in Coulié, Anne, Melina Philimonos-Tsopotou, eds. *Rhodes: une île grecque aux portes de l'Orient: XVe-Ve siècle avant J.-C.* Louvre, Paris, 260
- Michael Psellus, *Opuscula psychologica, theologica, daemonologica*
- Miller, P. L. (2011). Explaining the Cosmos: The Ionian Tradition of Scientific Philosophy. *Ancient Philosophy*, 31(2), 381-391.

- Moullou, D., Doulos, L.T., Topalis, F. (2015). Artificial Light Sources in Roman, Byzantine and Post-Byzantine Eras: An Evaluation of their performance. *Chronos*. N. 32. pp.119-132
- Moullou, D., Madias E.N.D., Doulos, L., Bouroussis, C.A. and Topalis, F.V. (2012). Lighting in Antiquity. *Balkan Light Conference Proceedings*, Athens, Greece, pp.237-244
- Moussas, X. (2014). Early Greek astrophysics: the foundations of modern science and technology. *American Journal of Space Science*, 1(2), 129
- Moussas, X., Vitti, P., Zerefos, S., (2018) Ancient Greek Optical instruments and the Pharos of Alexandria: Insights on its Functions and Technology, *Hellenistic Alexandria: Celebrating 24 Centuries*, edited by Christos S. Zerefos and Marianna V. Vardinoyannis, Archaeopress. P.255.
- Neugebauer, O. (1975). *A History of Ancient Mathematical Astronomy In Three Parts*. Springer-Verlag:Berlin-Heidelberg
- O'Connor, John J.; Robertson, Edmund F. (2003), "Catoptrics", *MacTutor History of Mathematics archive*, University of St Andrews., <http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Theon.html>
- Pancirolli Guidonis (1646), "The history of many memorable things lost"
- Papathanassoglou, D. A., & Georgouli, C. A. (2009). The 'frying pans' of the early bronze age Aegean: an experimental approach to their possible use as liquid mirrors. *Archaeometry*, 51(4), 658-671.
- Plantzos, D. (1997). Crystals and lenses in the Graeco-Roman world. *American Journal of Archaeology*, 451-464.
- Plato, Theaetetus
- Plinius, *Naturalis Historia*, 36,18.
- Plutarch, *Moralia on De Pythiae*
- Plutarch, *On the Face in the Orbit of the Moon*
- Posidippus of Pella
- Posidonius, *Meteorologica*
- Potamianos, I. (2000). *Light in the Byzantine Church*. University Studio Press (in Greek: Το Φως στη Βυζαντινή Εκκλησία)
- Proclus, *Platonis Timaeum commentaria*
- Procopius of Gaza, *Buildings of Byzantium*
- Pseudo-Galenus, *De historia philosophica*
- Pseudo-Plutarchus, *Placita philosophorum*
- Ptolemy Claudius, *L'Optique*, 5 books edited by Albert Lejeune, 1956
- Rashed, R. "A pioneer in anaclastics: Ibn Sahl on burning mirrors and lenses", *Isis* 81, pp. 464–491, 1990.
- Rashed, R., *Géométrie et dioptrique au Xe siècle: Ibn Sahl, al-Quhi et Ibn al-Haytham*. Paris: Les Belles Lettres, 1993
- Rashed, Roshdi (2007), *The Celestial Kinematics of Ibn al-Haytham*, Arabic Sciences and Philosophy, Cambridge University Press, R. Rashed (1968), *Le Discours de la lumière d'Ibn al-Haytham (Alhazen)*, Traduction française critique, *Revue d'histoire des sciences et de leurs applications*. 21, 3.
- Reeves, E. A. (2009) *Galileo's Glassworks: the Telescope and the Mirror*, Harvard University Press.
- Renner, E. (2012). *Pinhole photography: from historic technique to digital application*. Routledge
- Russo L., *The Forgotten Revolution*, Silvio Levy (transl.), Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2004
- Sines, G., & Sakellarakis, Y. A. (1987). Lenses in antiquity. *American Journal of Archaeology*, 191-196.
- Smith, A.M. (ed.). (2001). Alhacen's theory of visual perception: a critical edition, with English translation and commentary, of the first three books of Alhacen's *De aspectibus*, the medieval Latin version of Ibn al-Haytham's *Kitab al-Manazir*, *Transactions of the American Philosophical Society*; 91, 4 and 5, 14.
- Strabo, *Geography*, *Geographica*, XVII, i,6.
- Sumner, T. J., J. J. Quenby, R. Lieu, J. Daniels, R. Willingale, Moussas X. (1989), Susceptibility of soft X-ray grazing incidence telescopes to low energy electrons, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 238, 1047–1054.
- Temple, R. K. G. (2000). *The Crystal Sun: Rediscovering a lost technology of the ancient world*. Century.
- Thibodeau, C.f.P. (2016). *Ancient Optics: Theories and Problems of Vision*, in *A Companion to Science, Technology, and Medicine in Ancient Greece and Rome*, First Edition. edited by

- Georgia L. Irby. John Wiley & Sons, Inc. pp 130–144.
- Thiersch, H. (1909), *Pharos, Antike Islam und Occident – Ein Beitrag zur Architekturgeschichte*; B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1909
- Toomer, G. J. (2012). *Diocles, On Burning Mirrors: The Arabic Translation of the Lost Greek Original*, Springer Science & Business Media.
- Tsikritsis, M., Moussas, X., & Tsikritsis, D. (2015). Astronomical and mathematical knowledge and calendars during the early helladic era in aegean "frying pan" vessels. *Mediterranean Archaeology & Archaeometry*, 15(2).
- Twyman, F. (1952). *Prism and Lens Making*. (2nd ed.) Hilger
- Vorderstrasse, T. (2012). Descriptions of the Pharos of Alexandria in Islamic and Chinese Sources: collective memory and textual transmission. In: Cobb P. M. (ed). *The Linaments of Islam. Studies in Honor of Fred McGraw Donner*. pp.457-474. Leiden: Brill
- Willach, R. (2008). The long route to the invention of the telescope.- *Transactions of the American philosophical society* Cep. vol. 98, pt. 5
- Zhmud Leonid (2018) *Physis in the Pythagorean Tradition*, *Philologia Classica*, 13. 50.