

1. Τίτλος

Συνδυάζοντας την κατασκευή ενός απλού μικροσκοπίου με τη Micrographia του Hooke για τη διδασκαλία και μάθηση των φυσικών επιστημών στο δημοτικό σχολείο

2. Συγγραφείς και Ιδρύματα

Νεκτάριος Τσαγλιώτης,

Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών στο 9ο Δημοτικό Σχολείο Ρεθύμνου & Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης Πανεπιστημίου Κρήτης, e-mail: ntsag@edc.uoc.gr

3. Σύνοψη

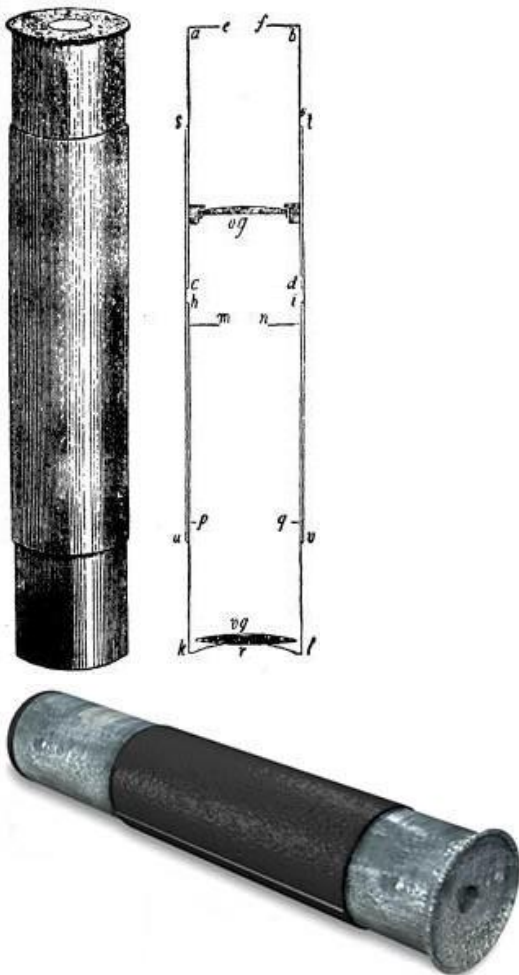
Αυτή είναι μια έρευνα που διεξήχθη με 40 παιδιά της 6ης τάξης του δημοτικού σχολείου, χωρισμένα σε 2 τμήματα. Αρχικά κάθε παιδί κατασκεύασε ένα απλό ανακλαστικό μικροσκόπιο χρησιμοποιώντας σύγχρονα υλικά όπως ένα πλαστικό σωλήνα και δύο πλαστικούς φακούς (αντικειμενικός και προσοφθάλμιος), οι οποίοι αποσπάστηκαν από φωτογραφικές μηχανές μιας χρήσης. Στην πραγματικότητα πρόκειται για μια τροποποιημένη (ανα)κατασκευή ενός μικροσκοπίου (με μια μεγέθυνση που προσεγγίζει το 20x), το οποίο έχει προταθεί από ερευνητές του Istituto e Museo di Storia Della Scienza της Φλωρεντίας. Σε μία δεύτερη φάση, προστέθηκε ένας επιπλέον ενδιάμεσος φακός, προκειμένου να μικρύνει η παραμόρφωση, να δημιουργηθούν είδωλα με μεγαλύτερη οξύτητα και να ενισχυθεί η μεγέθυνση κατά 3-5 φορές.

Τα παιδιά εισήχθησαν εν συντομία στην ιστορική εξέλιξη του μικροσκοπίου, με εστίαση στη ζωή και τις ανακαλύψεις του Robert Hooke (1635-1703), από τα πρώτα χρόνια της ζωής του στο Isle of White μέχρι τα επιτεύγματά του στη Micrographia (1665), σκιαγραφώντας τον ως ένα φυσικό φιλόσοφο και πολυμαθή, που έπαιξε ένα σπουδαίο ρόλο στην επιστημονική επανάσταση μέσα από την εργασία του τόσο στα πειράματα όσο και στη θεωρία. Έπειτα, ακολούθησε η διεξαγωγή μελετών μικροσκοπίου με το κάθε παιδί να καταγράφει τις παρατηρήσεις του με το μικροσκόπιο που είχε κατασκευάσει, με μία προσέγγιση εμπνευσμένη από τη Micrographia του Hooke. Προτού να βάλουν τις σημειώσεις τους στο χαρτί, τα παιδιά μελετούσαν ένα σχετικό απόσπασμα από το κλασικό έργο του Hooke, κατάλληλα μετασχηματισμένο και προσαρμοσμένο για την περίπτωση. Έτσι, ακολουθώντας παρόμοια βήματα με εκείνα του Hooke, τα παιδιά αρχικά μελέτησαν τη μύτη μιας βελόνας και μια μικρή τυπογραφημένη τελεία, μελέτες που δούλεψαν και ως ασκήσεις εστίασης στη χρήση του μικροσκοπίου. Στη συνέχεια μελέτησαν σπόρους φυτών (θυμαριού και πετούνιας) καθώς επίσης και μέρη των φυτών, κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής τους στο θερμοκήπιο και στο σχολικό κήπο. Αργότερα, μελέτησαν έντομα του κήπου, διεξάγοντας «εντομομελέτες», όπως τις αποκάλεσαν τα παιδιά, εξετάζοντας μυρμήγκια και ισόποδα. Ολοκλήρωσαν με μία ελεύθερη μελέτη, είτε με φυτά είτε με

έντομα του κήπου, εφόσον είχαν αναπτύξει ειδικά ενδιαφέροντα για διάφορα δείγματα που ήθελαν να εξετάσουν. Τα παιδιά συζήτησαν και αντάλλαξαν τις σημειώσεις τους στην τάξη, μέσα σε ένα πλαίσιο διερευνήσεων για την ανάπτυξη και τις λειτουργίες των φυτών και των εντόμων. Η ανάλυση των σημειωμάτων των παιδιών αναμένεται να αποκαλύψει πτυχές της διαδικασίας του «κάνω επιστήμη» μέσα σε ένα αυθεντικό περιβάλλον (διερευνητική προσέγγιση διδασκαλίας και μάθησης), διαμορφώνοντας μια μαθητική επιστημονική κοινότητα, η οποία καταπιάνεται με ένα έργο που έχει μια σκοπιμότητα ή/και καταπιάνεται με μία ενδιαφέρουσα δραστηριότητα διερεύνησης.

Λέξεις Κλειδιά:

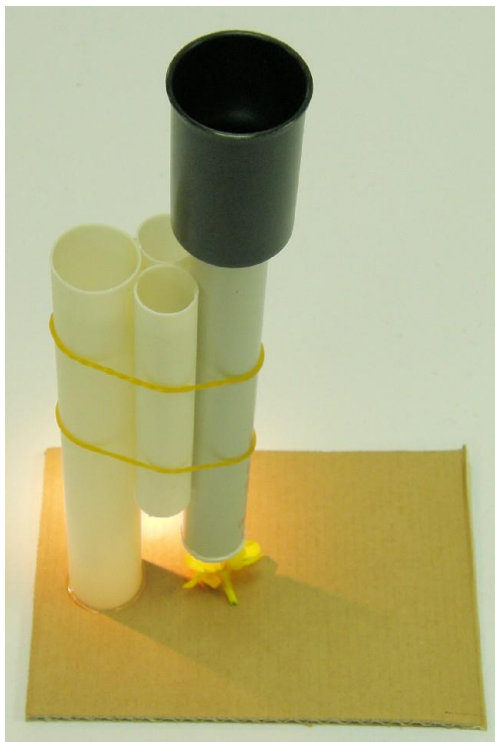
Απλό μικροσκόπιο, μελέτη φυτών, μελέτη εντόμων, σημειωμάτνια παρατήρησης, επιστήμη στο δημοτικό σχολείο



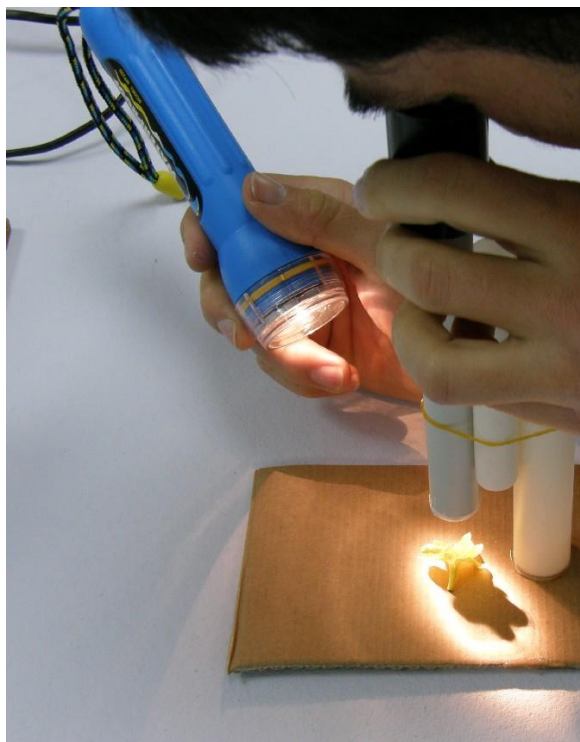
Εικ. 1: Το μικροσκόπιο από το Μουσείο του Middelburg, που πιστεύεται ότι είναι μια εφεύρεση του Zacharias Janssen (γύρω στο 1590) [Από το "Origin and Development of the Microscope" courtesy of the Royal Microscopic Society, London].



Εικ. 2: Η (ανα)κατασκευή ενός απλού νανακλαστικού μικροσκοπίου (πάνω) με σύγχρονα και άμεσα διαθέσιμα υλικά (κάτω).



Εικ. 3: Το μικροσκόπιο με 2 φακούς, μια πιο κοντινή ματιά



Εικ. 4: Το μικροσκόπιο εν δράσει ...

4. Περιγραφή της μελέτης

Το εκπαιδευτικό μέρος αυτής της έρευνας διεξήχθη με μια 6η τάξη δημοτικού σχολείου χωρισμένη σε δύο τμήματα. Πρόκειται για την ανάπτυξη και εφαρμογή ενός εκπαιδευτικού σεναρίου μιας διερευνητικής προσέγγισης για τη διδασκαλία και μάθηση των φυσικών επιστημών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Τα παιδιά δούλεψαν μέσα στο Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών στο 9ο Δημοτικό Σχολείο Ρεθύμνου. Κάθε παιδί είχε τα υλικά και τη βοήθεια για να κατασκευάσει ένα απλό ανακλαστικό μικροσκόπιο με σύγχρονα υλικά, το οποίο στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε για σχετικές μελέτες. Κατά τη διαδικασία κατασκευής και ανάπτυξης των μελετών μικροσκοπίου τα παιδιά είχαν τη βοήθεια από το δάσκαλό τους, ο οποίος είχε και ρόλο ερευνητή, καθώς επίσης και από 4 φοιτητές του ΠΤΔΕ που έκαναν την πρακτική τους άσκηση στο Σχολείο. Συγκροτήθηκε έτσι μια μικρή ομάδα διευκόλυνσης και επίβλεψης των παιδιών σε όλη τη διάρκεια ανάπτυξης αυτό του εκπαιδευτικού σεναρίου.

Αυτό το εκπαιδευτικό σενάριο αποτελείται από δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος τα παιδιά αρχικά δούλεψαν σε ζευγάρια και στη συνέχεια ατομικά προκειμένου να κατασκευάσουν ένα απλό μικροσκόπιο. Σε πρώτη φάση τα παιδιά κατασκεύασαν μια τροποποιημένη εκδοχή μικροσκοπίου (με μεγέθυνση 20x), το οποίο έχει προταθεί από ερευνητές του *Istituto e Museo di Storia Della Scienza* της Φλωρεντίας (τώρα ονομάζεται Galileo Museum), και τοποθετείται χρονολογικά στα τέλη του 16ου αιώνα και αρχές του 17ου. Έχει κυρίως επηρεαστεί από το πρώτο μικροσκόπιο της περιοχής του Middelburg, εφεύρεση που αποδίδεται στους Hans & Zacharias

Janssen, γύρω στο 1590-1595 (βλ. εικ. 1 παραπάνω). Τα παιδιά χρησιμοποίησαν ένα σωλήνα PVC και δύο πλαστικούς φακούς (αντικειμενικό και προσοφθάλμιο), τους οποίους είχαν αποσπάσει από φωτογραφικές μηχανές μιας χρήσης (βλ. εικ. 2). Έπειτα στερέωσαν το σωλήνα του μικροσκοπίου τους μέσα σε μία κόγχη που σχημάτιζαν δύο άλλα κομμάτια σωλήνα που ήταν κολλημένα πάνω σε ένα τρίτο μεγαλύτερο που είχε στερεωθεί πάνω σε ένα χαρτόνι βάσης. Με αυτό το μικροσκόπιο έκαναν τις πρώτες διερευνήσεις τους κοιτάζοντας μικρά αντικείμενα. (βλ. εικ. 3 & 4). Ένα μικρό και φτηνό σποτάκι διαβάσματος χρησιμοποιήθηκε για να φωτίζει τα υπό μελέτη αντικείμενα. Σχετικά σύντομα αντιληφθήκαμε ότι μπορούσαμε να κάνουμε μια βελτίωση στο μικροσκόπιό μας προσθέτοντας ένα τρίτο ενδιάμεσο φακό πεδίου, προκειμένου να έχουμε πιο ακριβείς και καθαρές απεικονίσεις, χωρίς παραμόρφωση. Έτσι, προεκτείνοντας το σωλήνα μικροσκοπίου με ένα κατάλληλο σύνδεσμο (μούφα) προσθέσαμε τον τρίτο φακό. (δείτε σχετικές φωτογραφίες από τη διαδικασία κατασκευής του μικροσκοπίου σε αυτή τη [σελίδα](#)). Ο σωλήνας του μικροσκοπίου σταθεροποιήθηκε πάνω στη βάση στήριξης με ένα φτηνό πλαστικό δεματικό καλωδίων, το οποίο επέτρεπε στους μαθητές να κρατάνε εστιασμένο το μικροσκόπιό του για όση ώρα χρειάζονταν, προκειμένου να καταγράψουν τις παρατηρήσεις τους. Σε αυτή τη φάση κάθε παιδί κατασκεύασε το δικό του μικροσκόπιο και έτσι τελικά όλα είχαν από ένα. Με αυτές τις βελτιώσεις ολοκληρώθηκε η κατασκευή του μικροσκοπίου με απλά υλικά που θα χρησιμοποιούσαν τα παιδιά στις μελέτες τους.

Στο δεύτερο μέρος της ανάπτυξης αυτού του σεναρίου, οι μελέτες μικροσκοπίου συνδέθηκαν με ένα κλασικό κείμενο μικροσκοπίας, τη *Μικρογραφία* (*Micrographia*, 1665) του Robert Hooke. Επιλέχθηκαν συγκεκριμένα κομμάτια αυτού του κειμένου και διασκευάστηκαν ως φύλλα εργασίας, προκειμένου να δώσουν έμπνευση και κάποιας μορφής καθοδήγηση στα παιδιά και στις διερευνήσεις τους. Έτσι, κατασκευάστηκαν 7 φύλλα εργασίας, κατάλληλα μεταφρασμένα στα ελληνικά και μετασχηματισμένα προκειμένου να ταιριάζουν με το πλαίσιο της μελέτης. Ζητήθηκε από τα παιδιά να καταγράψουν τις παρατηρήσεις τους πάνω στα φύλλα εργασίας και να σκισάρουν ό,τι παρατηρήσουν, με ένα τρόπο παρόμοιο με εκείνο του Hooke στη *Micrographia* και στη συνέχεια να τα συζητήσουν με τους συμμαθητές τους. Βαθμιαία διαμόρφωσαν σημειωματάρια με κείμενα και σκίτσα τα οποία αντάλλαξαν και συζήτησαν μέσα στην τάξη. Η ανάλυση των κειμένων και των σκίτσων αποκάλυψε σημαντικές πτυχές των προσεγγίσεων των παιδιών για τις μελέτες μικροσκοπίου που διεξήγαγαν σε θεματικές περιοχές των φυσικών επιστημών του δημοτικού σχολείου.

5. Ιστορικό και Φιλοσοφικό Προέδαφος

Ιστο Μουσείο του Middelburg φυλάσσεται ένα πολύ παλιό μικροσκόπιο, το οποίο φημίζεται ότι είναι ένα όργανο που κατασκεύασε ο ίδιος ο Zacharias Janssen, πιθανότατα με τη βοήθεια του πατέρα του Hans, γύρω στα 1590-1595. (Bradbury, 1967). Παρά το γεγονός ότι φαίνεται να μην υπάρχει καμία άμεση απόδειξη της σύνδεσης αυτού του μικροσκοπίου με τους Janssen και την τέχνη τους με τους φακούς εκείνης της περιόδου, εντούτοις πρόκειται για ένα αξιοπρόσεκτο όργανο, το οποίο είχε δύο συρόμενους σωλήνες που έβγαιναν μέσα από ένα τρίτο εξωτερικό

σωλήνα που τους περιέβαλε. Οι φακοί ήταν στα άκρα των συρόμενων σωλήνων, ο προσοφθάλμιος ήταν αμφίκυρτος και ο αντικειμενικός ήταν επιπεδόκυρτος. Δεν υπήρχε βάση στήριξης αυτού του οργάνου, το οποίο προφανώς το κρατούσαν στο χέρι κατά τη χρήση του. Υπολογίζεται ότι μεγέθυνε τα αντικείμενα από 3 φορές όταν ήταν κλειστό μέχρι 10 φορές όταν ήταν πλήρως ανεπτυγμένο.

Ο *Galileo Galilei* (1564-1642) αναφέρει στο *Il Saggiatore* (Ρώμη, 1623) ότι είχε πιθανότατα καταφέρει να «τροποποιήσει ένα τηλεσκόπιο για να βλέπει αντικείμενα πολύ κοντά». Φαίνεται ότι στα 1625 ένα μέλος της *Accademia dei Lincei* και φίλος του *Galileo*, ο *Johannes Faber* (1574-1629) έδωσε στο το όργανο το όνομα «μικροσκόπιο», το οποίο μέχρι τότε λεγόταν "occhialino", "cannoncino", "perspicillo", και "occhiale". Στο δεύτερο μισό του 17ου αιώνα, οι Ιταλοί κατασκευαστές μικροσκοπίων *Eustachio Divini* (1610-1685) και *Giuseppe Campani* (1635-1715) είχαν καταφέρει σημαντικά επιτεύγματα, ενώ στην Αγγλία είχαν επιτευχθεί αξιοσημείωτες βελτιώσεις από τον *Robert Hooke* (1635-1703) και από οπτικούς και τεχνίτες όπως ο *Christopher ***** (γύρω στο 1665).



Το μικροσκόπιο
σχήματος βάζου
του *Divini*



Το μικροσκόπιο του
Campani's από
ελεφαντόδοντα



Το σύνθετο
μικροσκόπιο του
****,
κατασκευασμένο
στο Λονδίνο για τον
R. Hooke

Οι μελέτες με μικροσκόπια άρχισαν κατά το 17ο αιώνα με τους *Federico Cesi* (1585-1630) και *Francesco Stelluti* (1577-1651) με το *Apiarium* (Ρώμη, 1625).

Η *Melissographia* ήταν η δουλειά του *Stelluti*, σε ένα μεγάλο *folio*, που παρείχε λεπτομερείς περιγραφές για τις μέλισσες, έργο ιδωμένο ως μια ελεύθερη αναζήτηση της φύσης, απελευθερωμένη από τα δεσμά των σχολαστικών, «οι οποίοι επιζητούσαν

να δογματίσουν τη φύση», σύμφωνα με την κριτική του Bacon. Αργότερα, ο Giovanni Battista Hodierna (1597-1660) δημοσίευσε, στο *L'occhio della mosca* (Palermo, 1644), ένα κείμενο αφιερωμένο στην ανατομία των εντόμων. Ένα εξαιρετικό παράδειγμα νατουραλιστικής μελέτης με μικροσκόπιο.

Ο Robert Hooke ήταν αδιαμφισβήτητα μία από τις μεγαλύτερες προσωπικότητες στην επιστήμη της Αγγλίας του 17ου αιώνα. Ήταν από τους πρώτους που κατάλαβε τη δυναμική της νέας εφεύρεσης του μικροσκοπίου, το οποίο πρόσφατα είχε φτάσει στην Αγγλία. Γεννήθηκε το 1635 στο *Freshwater* του *Isle of White*. Σε νεαρή ηλικία και μετά το θάνατο του πατέρα του, στάλθηκε μαθητευόμενος σε ένα ζωγράφο στο Λονδίνο. Φαίνεται, ότι οι απαρχές των εκπληκτικών σκίτσων που σχεδιάστηκαν αργότερα στη *Micrographia* (1665) δεν προέρχονταν μόνο από καλλιτεχνικό ταλέντο, αλλά και από ιδιαίτερη σπουδή στην τέχνη, με αφοσίωση και έμφαση στη λεπτομέρεια. (Bradbury, 1967). Σύντομα, όμως, τον άφησε για να φοιτήσει στο περίφημο *Westminster School* και στη συνέχεια στην Οξφόρδη.

Ο Hooke ήταν ένα επιστήμονας με περιέργεια. Από νεαρή ηλικία εργάστηκε σε πολλά επιστημονικά πεδία όπως: η φυσική, η χημεία, η γεωλογία, η μετεωρολογία και η αστρονομία. Έτσι, συχνά τον αποκαλούμε σήμερα ως *Leonardo* της Αγγλίας (Inwood, 2003). Επίσης, γνώρισε και συνεργάστηκε με μερικούς από τους μεγαλύτερους επιστήμονες του 17ου αιώνα όπως ο *John Wilkins*, ο *Robert Boyle* και ο *Christopher Wren*. Συζήτησε επίσης τις ιδέες του με τους *Isaac Newton*, *Christiaan Huygens* και *Johann Hevelius*, αν και είχαν σημαντικές διαφωνίες και τελικά κατέληξε σε αντιπαράθεση και με τους τρεις για διαφορετικά επιστημονικά ζητήματα. (Burgan, 2008).

Ο Hooke συνδέθηκε με τη «*Βασιλική Ακαδημία του Λονδίνου*» [*Royal Society of London for Improving Natural Knowledge*], της οποίας τα πρώτα μέλη ήταν μια μικρή ομάδα επιστημόνων, που συναντιόντουσαν μια φορά την εβδομάδα για να συζητήσουν τα τελευταία τους πειράματα και τις επιστημονικές τους ιδέες (Jardine, 2004). Το 1662 τα μέλη της *Ακαδημίας* αποφάσισαν να προσλάβουν κάποιον για να κάνει πειράματα και μετά να εκθέτει τα αποτελέσματά τους. Ο Hooke ήταν η πρώτη επιλογή για τη θέση αυτή και έτσι έγινε ο «*Έφορος των Πειραμάτων*». Αυτή ήταν και η χρονική περίοδος που διεξήγαγε τις μελέτες του με μικροσκόπιο. Η *Ακαδημία* αναγνωρίζοντας τη σημασία αυτού του νέου κλάδου μελετών ενθάρρυνε την προσπάθειά του. Το 1663 του ζητήθηκε να περατώσει τις μελέτες του με μικροσκόπιο προκειμένου να τις δημοσιεύσει και επίσης του ζητήθηκε να «*φέρει σε κάθε συνάντηση της Ακαδημίας τουλάχιστον μία παρατήρηση μικροσκοπίου*» (Bradbury, 1967). Ο Hooke ανταποκρίθηκε με αφοσίωση σε αυτή την εντολή και έδειξε στους συναδέλφους του τη μορφή των βρύων κάτω από το μικροσκόπιο, καθώς επίσης την κόψη ενός ξυραφιού και τη μύτη μιας βελόνας. Παρουσίασε διάφορα έντομα όπως τον ψύλλο, την ψείρα, το κουνούπι, την αράχνη και διάφορους τύπους τριχών. Όλες αυτές οι παρατηρήσεις, παράλληλα με πολλές άλλες ακόμα, δημοσιεύτηκαν το 1665 κάτω από το μακρύ τίτλο «*Μικρογραφία: ή μια φυσιολογική περιγραφή μικροσκοπικών σωμάτων που έγινε με μεγεθυντικούς φακούς, με επ' αυτού παρατηρήσεις και διερευνήσεις*».



Ένα λεπτομερές αναδιπλούμενο σκίτσο μυρμηγκιού με τη σχετική περιγραφή του R. Hooke, στη σελίδα 203 της *Micrographia*

Η *Micrographia* ήταν ένα τεράστιο βιβλίο, γεμάτο με περιγραφές για αυτά που είδε ο Hooke κάτω από το μικροσκόπιο. Ισχυρίστηκε ότι ο αλώτερος σκοπός του ήταν να χρησιμοποιήσει «ένα ανυπόκριτο χέρι και ένα αξιόπιστο μάτι για να εξετάσει και να καταγράψει τα πράγματα καθαυτά, όπως εκείνα φαίνονται». Παράλληλα με τις διαυγείς περιγραφές, ο Hooke συμπεριέλαβε εντυπωσιακά και λεπτομερή σκίτσα για όλα όσα είδε κάτω από τους φακούς του μικροσκοπίου, τα οποία συχνά ξεδιπλώνονταν έξω από τις σελίδες του βιβλίου. Για πρώτη φορά οι επιστήμονες αλλά και ολόκληρη η ανθρωπότητα μπορούσαν να δουν ένα νέο κόσμο γύρω τους, την ύπαρξη του οποίου ελάχιστα γνώριζαν μέχρι τότε. Τα ζωντανά σκίτσα του Hooke για τα έντομα, τα έκαναν να μοιάζουν «σα να ήταν λιοντάρια ή ελέφαντες ιδωμένα με γυμνό μάτι», όπως είχε σχολιάσει. Το βιβλίο ήταν πολύ επιτυχημένο και ακόμα και σήμερα κατέχει μια υψηλή θέση στη λίστα των αριστουργημάτων της βιβλιογραφίας μελετών μικροσκοπίου (Inwood, 2003).

Φαίνεται ότι κανένα αυθεντικό πορτρέτο του Hooke δεν έχει διασωθεί στις μέρες μας. Λέγεται ότι οποιοδήποτε πορτρέτο του και αν υπήρχε εξαφανίστηκε όταν ο

Newton εκλέχτηκε πρόεδρος της *Βασιλικής Ακαδημίας*. Παρά τον ισχυρισμό ότι κάποιο πορτρέτο που είχε πρόσφατα ανακαλυφθεί θεωρήθηκε ότι ήταν του Hooke (Jardine, 2004), δεν έχει ακόμα πλήρως επιβεβαιωθεί ή/και δεν έχει γίνει κοινά αποδεχτό ως τέτοιο. Παρόλα αυτά, για τους εκπαιδευτικούς σκοπούς αυτής της εργασίας, προκειμένου τα παιδιά να αποκτήσουν μια πιο άμεση σχέση με τον επιστήμονα και τη δουλειά του, σκιαγραφήθηκε μια οπτική παράσταση του Hooke μέσα από τα πορτρέτα της ζωγράφου *Rita Greer*. Οι πίνακές της, βασισμένοι σε δύο λεπτομερείς περιγραφές κειμένου, στοχεύουν στο «να βάλουν το Hooke στην ιστορία», σε μια προσπάθεια να δημιουργήσουν ξανά το πρόσωπο και την παρουσία του.



'Ο κυνηγός απολιθωμάτων'. Ο Robert ως ένα δεκάχρονο αγόρι στο Isle of Wight, στον κόλπο του Freshwater. Ελαιογραφία της Rita Greer, 2005



'Robert Hooke, Μηχανικός'. Ένα αναμνηστικό πορτρέτο από τη Rita Greer, 2009

6. Target group, σύνδεση με το αναλυτικό πρόγραμμα και διδακτική αξιοποίηση

Η κατασκευή ενός μικροσκοπίου με άμεσα διαθέσιμα υλικά αποτελεί το πρώτο μέρος ενός διττού στόχου της παρούσας έρευνας. Το δεύτερο μέρος συγκροτείται από την εφαρμογή του στην πράξη με τα παιδιά, μέσα σε ένα πλαίσιο εργαστηριακής προσέγγισης και τη διασύνδεσή του με την *Micrographia* του Hooke (βλ. παρακάτω στο 7ο μέρος του κειμένου).

Η αρχική ιδέα για την κατασκευή του μικροσκοπίου προσομοίαζε στην κατασκευή του πρώτου σύνθετου μικροσκοπίου του *Middelburg*, σε μια απλοποιημένη εκδοχή του, με ένα κομμάτι σωλήνα, δύο φακούς και ένα διάφραγμα στο κάτω μέρος. (Vannoni *et al.*, 2006; 2007). Έτσι, αρχικά τα παιδιά χρησιμοποίησαν ένα σωλήνα PVC (16,5 cm μήκος με 16 mm εσωτερική διάμετρο) και δύο πλαστικούς φακούς (αντικειμενικό και προσοφθάλμιο), οι οποίοι είχαν αφαιρεθεί από φωτογραφικές μηχανές μιας χρήσης. Ένα κομμάτι από μαύρο χαρτόνι τυλίχθηκε και εισήχθη μέσα στον πλαστικό σωλήνα, για να αποφευχθούν εσωτερικές ανακλάσεις του φωτός. Οι φακοί τοποθετήθηκαν μέσα σε κατάλληλες μεταλλικές ροδέλες και στερεώθηκαν στο σωλήνα με κολλητική πλαστελίνη (μπλου τακ). Για να μειωθεί η χρωματική και σφαιρική παρέκκλιση, έπρεπε κατά κάποιον τρόπο γίνει περιστολή του αντικειμενικού φακού. Έτσι, μια μαύρη λαστιχένια ροδέλα τοποθετήθηκε ως διάφραγμα και κολλήθηκε πάνω στη ροδέλα με τον αντικειμενικό φακό, στο κάτω μέρος του σωλήνα του μικροσκοπίου. Στο άλλο άκρο του σωλήνα τοποθετήθηκε ένα κατάλληλα κομμένο μαύρο κυλινδρικό κουτί από φιλμ, παρέχοντας μία λεία σκοτεινή βάση για το μάτι του παρατηρητή. Τέλος, το μικροσκόπιο σταθεροποιήθηκε μέσα στην κόγχη που σχημάτιζαν δύο μικρά κομμάτια κολλημένων πλαστικών σωλήνων που είχαν στερεωθεί πάνω σε ένα τρίτο υποστηρικτικό σωλήνα. Η βάση αυτή ήταν κολλημένη με θερμοσιλικόνη πάνω σε ένα παραλληλόγραμμο κομμάτι χαρτόνι ή μακετόχαρτο.

Ο σωλήνας του μικροσκοπίου συγκρατιόνταν πάνω στη βάση με 2-3 λαστιχάκια και τα παιδιά τον κινούσαν πάνω και κάτω για να εστιάσουν. Έτσι, έκαναν μερικές αρχικές παρατηρήσεις σε μικρά αντικείμενα όπως κόκκοι άμμου, ζάχαρης και αλατιού, αλλά επίσης φτερά πουλιών, κομμάτια υφάσματος κ.ά. Ένα μικρό και φτηνό σποτάκι ανάγνωσης βιβλίων χρησιμοποιήθηκε για να φωτίζει τα υπό εξέταση αντικείμενα.

Σχετικά σύντομα αντιληφθήκαμε ότι μπορούσαμε να κάνουμε μια βελτίωση στο μικροσκόπιό μας, προκειμένου να έχουμε πιο ακριβή και ευδιάκριτα είδωλα αντικειμένων, με μικρότερη παραμόρφωση. Για να το επιτύχουμε αυτό, η ιδέα ήταν να χρησιμοποιήσουμε ένα *επιπλέον ενδιάμεσο φακό πεδίου*. Προσθέσαμε, λοιπόν, ένα τρίτο φακό, τοποθετώντας τον στη βάση ενός πλαστικού συνδέσμου (μιας μούφας), στην πάνω μεριά του σωλήνα του μικροσκοπίου. Έτσι, ο αρχικός προσοφθάλμιος φακός έγινε ενδιάμεσος φακός πεδίου, στη μία άκρη του πλαστικού συνδέσμου και στην άλλη άκρη του τοποθετήθηκε ο νέος προσοφθάλμιος φακός, μέσα σε μια αντίστοιχη μεταλλική ροδέλα. Ο σωλήνας του μικροσκοπίου σταθεροποιήθηκε στη βάση υποστήριξης με ένα πλαστικό δεματικό καλωδίων, το οποίο επέτρεπε στα παιδιά να εστιάζουν στα αντικείμενα και παράλληλα κρατούσε ακίνητο το σωλήνα

για μεγαλύτερη χρονική διάρκεια παρατήρησης. Ουσιαστικά, η τριβή που δημιουργείται εξαιτίας του πλαστικού δεματικού που πιέζει το σωλήνα του μικροσκοπίου και τον φέρνει σε επαφή με τους σωλήνες της βάσης, τον συγκρατεί σταθερό και σε ορισμένη θέση. Τα παιδιά, για να εστιάσουν πάνω στο δείγμα, έπρεπε να στρίψουν ελαφρά το σωλήνα και παράλληλα να τον σπρώξουν κάτω ή πάνω, σα να τον βιδώνουν ή να τον ξεβιδώνουν αντίστοιχα. Για να φτάσουμε σε αυτή την απλή και οικονομική λύση ξοδέψαμε αρκετό χρόνο δοκιμάζοντας εναλλακτικές ιδέες, αναζητώντας την καλύτερη, εμπλεκόμενοι, δηλαδή, σε ένα πρόβλημα με μια προστιθέμενη αξία στην απώτερη σκοπιμότητα. (δείτε εδώ τη διαδικασία κατασκευής του μικροσκοπίου με περισσότερες λεπτομέρειες).

Αυτές οι βελτιώσεις ολοκλήρωσαν την κατασκευή του απλού μικροσκοπίου. Στην πραγματικότητα κατασκευάσαμε πάνω από 45 τέτοια, έτοιμα για τη διεξαγωγή των μελετών μικροσκοπίου με τα παιδιά.

Τα παιδιά ήταν πολύ περίεργα να ξεκινήσουν τις μελέτες τους με τα μικροσκόπια και να διερευνήσουν διάφορα δείγματα. Σε συζητήσεις μέσα στην τάξη και έπειτα από μερικές αυθόρμητες παρατηρήσεις, συμφωνήσαμε ότι χρειαζόμασταν κάποιας μορφής καθοδήγηση, η οποία να μας συντροφεύσει στο δρόμο των διερευνήσεων με τα μικροσκόπια. Σε αυτό ακριβώς το σημείο ήρθε στο προσκήνιο η ιδέα να συνδέσουμε τις παρατηρήσεις μας με εκείνες ενός διακεκριμένου επιστήμονα. Έτσι, ο Robert Hooke, ο οποίος ήταν στην πραγματικότητα ο πρώτος επιστήμονας που διεξήγαγε συστηματικές μελέτες μικροσκοπίου στη *Micrographia*, παρουσιάστηκε στα παιδιά, προκειμένου να δράσει ως ένας επιστήμονας από το παρελθόν που θα μπορούσε να μας βοηθήσει στις μελέτες μας. Για να επιτύχουμε σε μια τέτοια προσπάθεια, τα παιδιά έπρεπε να γνωρίσουν περισσότερα πράγματα για τον Hooke, αρχίζοντας από τα παιδικά του χρόνια στο Isle of White, μέχρι τη συγγραφή της *Micrographia* και ακόμα πιο πέρα. Ο Hooke έπρεπε να τοποθετηθεί μέσα σε ένα ιστορικό συγκείμενο, διδακτικά μετασχηματισμένο με ένα κατάλληλο τρόπο, προσφιλή και οικείο για τα παιδιά αυτής της ηλικίας. Αναπτύχθηκε, λοιπόν, μία παρουσίαση, χρησιμοποιώντας πολλούς πίνακες της Rita Greer, οι οποίοι βοήθησαν στην εικονική παράσταση πτυχών της ζωής του Hooke, οι οποίες δύσκολα θα μπορούσαν να «ζωντανέψουν» με άλλο τρόπο (οι διαθέσιμοι πίνακες στο URL: http://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Paintings_by_Rita_Greer).

Ο Robert Hooke ήταν ένα ασθενικό παιδί και οι γονείς του ανησυχούσαν μήπως δε φτάσει στην εφηβεία του. Η υγεία του βελτιώθηκε με τα χρόνια, χωρίς όμως ποτέ να γίνει καλή. Οι γονείς του αποφάσισαν να τον διδάξει δάσκαλος στο σπίτι, παρά να τον στείλουν στο σχολείο. Ο μικρός Robert ανέπτυξε μια φυσική ευφυΐα και περιέργεια για τον περιβάλλοντα κόσμο. Περιτριγυρισμένος από τη θάλασσα φαίνεται ότι ενδιαφέρθηκε από νωρίς για τα καράβια και είχε κατασκευάσει ένα πολύ λεπτομερειακό μοντέλο πολεμικού πλοίου που είχε ακόμα και κανόνια με οβίδες (Burgan, 2008). Θα είχε δει τους ψηλούς ασβεστολιθικούς βράχους του Isle of White και τα τριμμένα βότσαλα στις παραλίες. Θα είχε ανακαλύψει απολιθώματα και απομεινάρια φυτών και ζώων στο έδαφος και στα βράχια του νησιού. (βλ. *εικ. 8*). Ο νεαρός Robert είχε να επιδείξει και καλλιτεχνικές τάσεις και δεξιότητες με το να

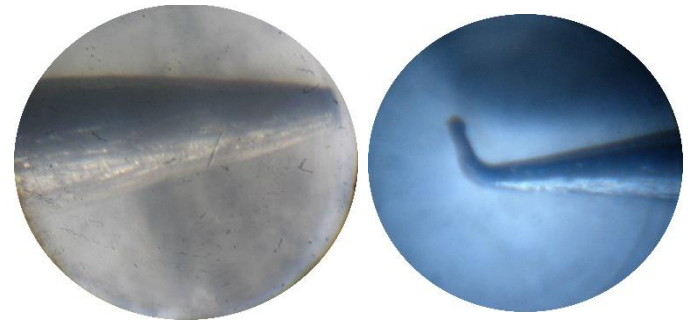
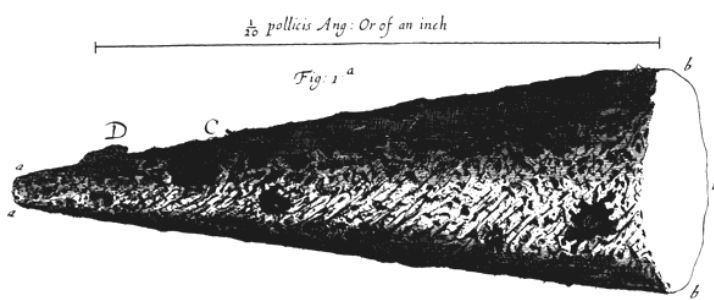
αντιγράφει με εντυπωσιακή λεπτομέρεια πίνακες που υπήρχαν στο σπίτι του. Μετά το θάνατο του πατέρα του το 1648, ο Robert, στα 13 του μετακόμισε στο Λονδίνο για να ξεκινήσει τις σπουδές του στο περίφημο *Westminster School*, ένα από τα παλιότερα και καλύτερα σχολεία της Αγγλίας. Ως έφηβος μελέτησε την ευκλείδεια γεωμετρία και έμαθε Ελληνικά και Λατινικά. Ακόμη απέκτησε πρακτικές δεξιότητες στη χρήση του τόννου, μιας μηχανής που διαμορφώνει το ξύλο και το μέταλλο. Το 1653, ο Hooke άφησε το *Westminster* και πήγε στο *Πανεπιστήμιο της Οξφόρδης* για να σπουδάσει “φυσική φιλοσοφία”, η οποία τότε περιλάμβανε πολλούς κλάδους της επιστήμης όπως η φυσική, η βιολογία και η χημεία. Κατά τη δημοσίευση της *Micrographia*, το 1665, ήταν στα τριάντα του, ένα διακεκριμένο μέλος της *Βασιλικής Ακαδημίας*, ένας πολυμαθής και επιδέξιος επιστήμονας και πιθανότατα ο πρώτος συστηματικός μελετητής του μικροσκοπίου και των εφαρμογών του.

Τα παιδιά εντυπωσιάστηκαν από την παρουσίαση της ζωής ενός επιστήμονα όπως του Hooke και ήταν πολύ περίεργα να δουν από κοντά τι τελικά είχε γράψει και σχεδιάσει στη *Micrographia*. Ανέφεραν ότι θα ήταν εξαιρετικά ενδιαφέρον να τον έχουν μαζί τους ως ένα «δάσκαλο» που θα τους καθοδηγήσει στις μελέτες τους με τα μικροσκόπια. Έτσι, σταδιακά σχεδιάστηκαν επτά φύλλα εργασίας με απαρχή κατάλληλα μεταφρασμένα κομμάτια κειμένων του Hooke με τα σχετικά σκίτσα του, τα οποία μετατράπηκαν σε εμπράγματα δραστηριότητες διερεύνησης και παρατηρήσεων στην τάξη, με παρόμοια δείγματα (π.χ. η μύτη της βελόνας, μία τοπογραφημένη τελεία σπόροι θυμαριού και το μυρμήγκι). Αυτές οι διερευνήσεις επεκτάθηκαν με τη μελέτη άλλων παρόμοιων δειγμάτων, που είχαν συζητηθεί στην τάξη και είχαν προκαλέσει το ενδιαφέρον των παιδιών για περαιτέρω μελέτη (π.χ. οι σπόροι και μέρη του φυτού της πετούνιας, άλλα έντομα όπως τα ισόποδα κλπ.). Στο τέλος, είχαν αναπτύξει δεξιότητες και ειδικά ενδιαφέροντα για τη μελέτη πολλών και διάφορων δειγμάτων, τα οποία βρισκόταν απλά εκεί έξω από το Εργαστήριο ΦΕ, στο σχολικό κήπο. Έτσι, ολοκλήρωσαν τις διερευνήσεις τους με μία «ελεύθερη μελέτη», προκειμένου να εξετάσουν «κάτι αποκλειστικά δικό τους», όπως επέμεναν. Μία συνοπτική περιγραφή αυτών των μελετών μικροσκοπίου ακολουθεί παρακάτω. (όλα τα Φύλλα Εργασίας παρουσιάζονται εδώ στα ελληνικά).

7. Δραστηριότητες, παιδαγωγικές δεξιότητες και ερευνητικές αποδείξεις

7.1. Μελέτες μικροσκοπίου για τη μύτη μιας βελόνας και μιας τελείας

Τα πρώτα δύο φύλλα εργασίας συνδέθηκαν με την αρχή των μελετών του Hooke στη *Micrographia*. Το φύλλο εργασίας, με τη μελέτη για τη μύτη μιας βελόνας, συνδέεται άμεσα με τη σελίδα 1 της *Micrographia*, όπου ο Hooke σχολιάζει ότι: «Θα ξεκινήσουμε πρώτα τις διερευνήσεις μας με τις παρατηρήσεις σωμάτων που είναι απλά στη φύση τους και σιγά-σιγά θα προχωρήσουμε σε πιο σύνθετα» [έμφαση στο πρωτότυπο]. Αυτό φαίνεται να είναι μια ενδιαφέρουσα επιστημονική, αλλά και διδακτική πρόταση, την οποία υιοθετήσαμε αρχικά με τη μελέτη της μύτης μιας βελόνας και μετά με την τοπογραφημένη κουκίδα. Και τα δύο συμβολίζουν κάτι εκπληκτικά μικρό, παρόμοιο με το «σημείο» του Ευκλείδη στη γεωμετρία ή το



Το σκίτσο του Hooke για τη μύτη μιας βελόνας

Δύο ψηφιακές φωτογραφίες από τις μύτες δύο βελόνων που είδαν τα παιδιά κάτω από το μικροσκόπιο

«φυσικό σημείο» σύμφωνα με Hooke, το οποίο ενδέχεται να μοιάζει ως κάτι πολύ διαφορετικό και μεγάλο κάτω από το μικροσκόπιο.

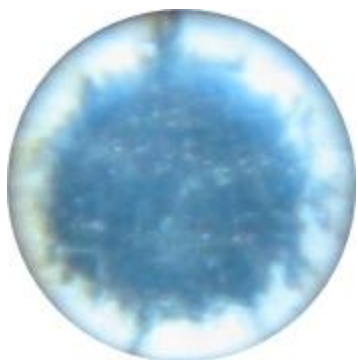
Τα παιδιά διάβασαν στην τάξη την περιγραφή του Hooke για τη μύτη μιας βελόνας, η οποία αναφερόταν σε ένα λεπτομερές σκίτσο (βλ. εικ. 9, πάνω). Έπειτα, κλήθηκαν να παρατηρήσουν τη μύτη της βελόνας με τα μικροσκόπιά τους, να καταγράψουν τις παρατηρήσεις τους και να φτιάξουν τα δικά τους σκίτσα. Αρχικά αντιμετώπισαν δυσκολίες στο να βρουν τη μύτη της βελόνας και να εστιάσουν πάνω της, αλλά σχετικά σύντομα ανέπτυξαν δεξιότητες και τεχνικές που τις μοιράστηκαν με ενδιαφέρον μεταξύ τους. Κάθε φύλλο εργασίας φυλάχτηκε σε μία πλαστική θήκη και όλες μαζί σε ένα ντοσιέ με έλασμα. Έτσι, στο τέλος, τα κείμενα και τα σκίτσα των παιδιών, με όλα τα σχετικά φύλλα εργασίας, δημιούργησαν ένα είδος σημειωματάριου των μελετών (Klentschy, 2008; Martin, 2009).

Ο Hooke σημείωσε ότι η **άκρη της βελόνας** έμοιαζε μυτερή και λεία στο γυμνό μάτι, αλλά κάτω από το μικροσκόπιο «δεν μπορούσε να κρύψει μια πληθώρα από τρύπες και χαραματιές». Ένα παιδί, στην περιγραφή του για τη μύτη της βελόνας, έγραψε ότι «αν και στην πραγματικότητα είναι ολόισια και πολύ μυτερή, κάτω από το μικροσκόπιο είναι λίγο στραβή και καθόλου μυτερή.

Έχει ένα ελαφρύ βαθούλωμα μάλλον από κακή χρήση. Στο υπόλοιπο κομμάτι της βελόνας υπάρχουν χαραματιές αλλά και μικρές λακκουβίτσες». Ένα άλλο παιδί σημείωσε ότι «η καρφίτσα έχει μια άκρη που μοιάζει να είναι κομμένη. Είναι σα να έχει φθορές απάνω της σα μακρόστενες λακκούβες.

Έχει ένα μαύρο χρώμα και ένα μικρό κόψιμο. Πάντως, δεν είναι τόσο αιχμηρή και λεία όσο θα την φανταζόμασταν. Στο κέντρο είναι πιο λεία η καρφίτσα απ' ό τι στην άκρη της. Η καρφίτσα στο μικροσκόπιο φαίνεται πιο μαύρη απ' ό τι με το μάτι. Μου θυμίζει μύτη ξυσμένου μολυβιού». Αν και οι παραπάνω φωτογραφίες δεν είναι και πολύ καθαρές, εξαιτίας της ασύμβατης επαφής της ψηφιακής φωτογραφικής μηχανής με τον προσοφθάλμιο φακό, εντούτοις φαίνεται ότι τα παιδιά μπορούσαν να παρατηρήσουν τη μύτη της βελόνας σε μια μεγέθυνση παρόμοια με εκείνη του Hooke. Φαίνεται επίσης να κατέγραψαν μία ποικιλία περιγραφών, αφού, σε κάθε τμήμα, παρατήρησαν ακόμα και 2 ή 3 «ελαττωματικές» βελόνες με κυρτές ή περιέργες μύτες.

Παρατηρώντας μια **τυπογραφημένη κουκίδα** ή το «ίχνος μιας τελείας ή περιόδου», ο Hooke ανέφερε ότι είχε διάφορες ανωμαλίες και στην πραγματικότητα του θύμιζε «ένα λεκέ από βρωμιά του Λονδίνου». Ένα παιδί έγραψε ότι «οι τελείες φαίνονται τελείως διαφορετικές στο μικροσκόπιο απ' ό,τι με γυμνό μάτι. Έχει ένα γκρίζο-μαύρο χρώμα και μοιάζει με μια τριχωτή γούνινη μπάλα ή με μια πιτσιλιά. Έχει ένα περίεργο ακανόνιστο σχήμα που μοιάζει πολύ με την επιφάνεια του ήλιου. Σε μερικά σημεία μοιάζει να έχει μικρές μαύρες κουκίδες που προεξέχουν από την τελεία». Ένα άλλο παιδί συγκρίνει μια τυπογραφημένη τελεία με μια χειρόγραφη και ισχυρίζεται ότι η πρώτη «έχει πολλά “εξογκώματα” και φαίνεται σα μια μαύρη τρύπα», ενώ η δεύτερη «φαίνεται σαν ένα τεράστιο σύννεφο καπνού» και επίσης «μερικές σγουρές τριχούλες σα να σχηματίζονται τριγύρω από την τελεία».



Μία ψηφιακή φωτογραφία τυπογραφημένης τελείας στο μικροσκόπιο

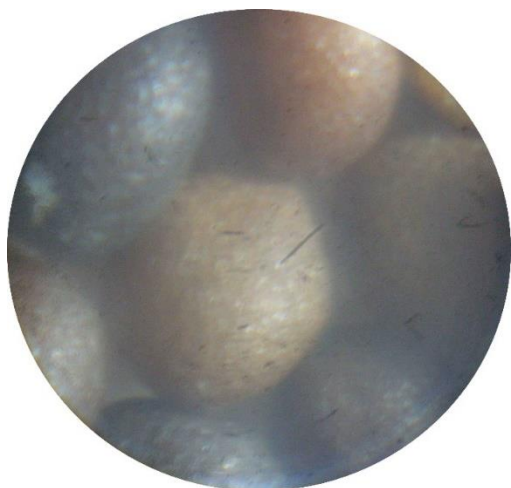


Ένα σκίτσο παιδιού για μια τυπογραφημένη τελεία

7.2. Μελέτες μικροσκοπίου για τους σπόρους θυμαριού και πετούνιας

Συνεχίζοντας με τις μελέτες μικροσκοπίου, εξετάσαμε τους **σπόρους του θυμαριού** όπως και ο Hooke είχε περιγράψει στη *Micrographia*. Είχε σημειώσει ότι οι σπόροι είχαν μια ποικιλία σχημάτων, ενώ «καθένας από αυτούς έμοιαζε όπως ένα λεμόνι ή ένα αποξηραμένο πορτοκάλι και αυτό τόσο στο σχήμα όσο και στο χρώμα» και επίσης διέφεραν από τους κοινούς σπόρους φασολιών ή αρακά. Τα παιδιά χρησιμοποίησαν τη βελόνα, που είχαν εξετάσει πρωτύτερα, ως ένα εργαλείο για να βάλουν τους μικρούς σπόρους του θυμαριού σε κατάλληλη θέση κάτω από τον αντικειμενικό φακό του μικροσκοπίου και είχαν πάλι να αντιμετωπίσουν μερικά προβλήματα σχετικά με την εστίαση και το φωτισμό των υπό εξέταση δειγμάτων. Σύντομα τα επέλυσαν με επιμονή και υπομονή, αρετές που είχαν αρχίσει να αναπτύσσουν, βελτιώνοντας τις τεχνικές και μεθοδολογικές τους δεξιότητες. Ένα παιδί έγραψε ότι μερικοί σπόροι του θυμαριού έχουν «βαθουλώματα και άλλοι εξογκώματα και μοιάζουν με λεμόνια, πορτοκάλια, ελιές και μερικοί με δημητριακά “choco pop”. Οι περισσότεροι έχουν λακκουβίτσες απ' ό,τι άλλους που έχουν αυλάκια. Οι περισσότεροι που έχουν αυλάκια μοιάζουν με καρύδια, ενώ αυτοί με τις τρύπες μοιάζουν με φλούδα σάπιου πορτοκαλιού και από αυτούς τους σπόρους άλλοι είναι καφέ, άλλοι μαύροι και άλλοι καφέ με μαύρο». Ένα άλλο παιδί έγραψε ότι οι σπόροι

του θυμαριού της θυμίζουν λεμόνια ή πορτοκάλια και «είναι όλοι σε διαφορετική στάση. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία τόσο στον όγκο όσο και στη μορφή των σπόρων. Οι σπόροι στο μικροσκόπιο έχουν χρώμα μαύρο ή και αλλιώς καφέ. Οι σπόροι είναι πεταχτοί ή και πολύ συνηθισμένοι σα λεμόνια. Κάθε φορά που παρατηρούμε τα πράγματα δεν είναι όπως τα βλέπουμε με το ανθρώπινο μάτι. Γι αυτό στη γη μας δεν μπορούμε να πούμε ότι κάτι βλέπουμε αν δεν το παρατηρούμε με άλλες μεθόδους (μικροσκόπιο, φακοί κ.ά.)». Αυτό το τελευταίο φαίνεται να είμαι μια ενδιαφέρουσα επιστημολογική σημείωση.

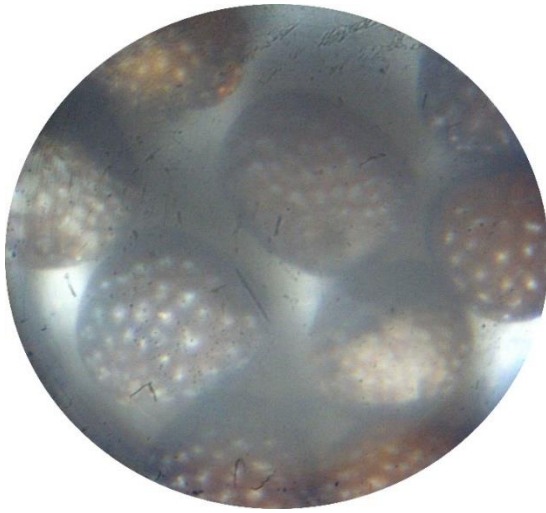


Μία ψηφιακή φωτογραφία σπόρων θυμαριού στο μικροσκόπιο

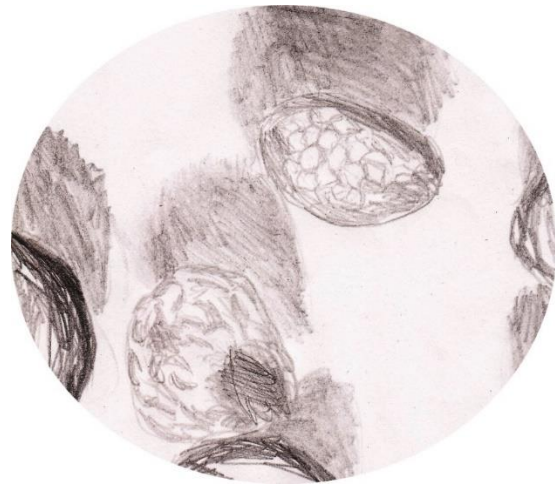


Ένα σκίτσο παιδιού για του σπόρους του θυμαριού. Προσέξτε τις σκιές που παρατήρησε και απεικόνισε στο σκίτσο, οι οποίες είχαν δημιουργηθεί από το φως που έστελνε υπό γωνία το σποτάκι πάνω στους σπόρους

Όταν τα παιδιά προετοίμαζαν τα σπορόφυτά τους για να αναπτυχθούν στο θερμοκήπιο του βιολογικού σχολικού κήπου, είχαν εντυπωσιαστεί με το πολύ μικρό μέγεθος ορισμένων σπόρων. Κατά κοινή ομολογία, οι μικρότεροι σπόροι που είχαν φυτέψει ήταν οι **σπόροι του φυτού της πετούνιας**. Είχαν, λοιπόν, μεγάλη περιέργεια και ενδιαφέρον να τους παρατηρήσουν κάτω από το μικροσκόπιο, ως μία επιπλέον μελέτη διερεύνησης σπόρων, η οποία ακολούθησε τη μελέτη εκείνων του θυμαριού. Ένα παιδί σχολίασε ότι «το χρώμα των σπόρων της πετούνιας είναι καφέ σκούρο. Το μέγεθός τους είναι στρογγυλό και έχουν κάποια βαθουλώματα. Μοιάζουν με πασχαλίτσες. Μπροστά έχουν ένα κοτσάνι και πίσω είναι κάπως στρογγυλοί». Ένα άλλο παιδί έγραψε ότι οι σπόροι της πετούνιας «είναι πολύ μικροί και διαφορετικοί από εκείνους του θυμαριού, αλλά κάτω από το μικροσκόπιο φαίνονται αρκετά μεγαλύτεροι. Μοιάζουν πολύ με σάπια φρούτα, με δημητριακά, με μικρές ελιές κλπ. Φαίνονται σα μικρά μπιλάκια με καφέ χρώμα. Μοιάζουν λίγο με τους σπόρους του θυμαριού στην επιφάνεια αλλά όχι στο μέγεθος.

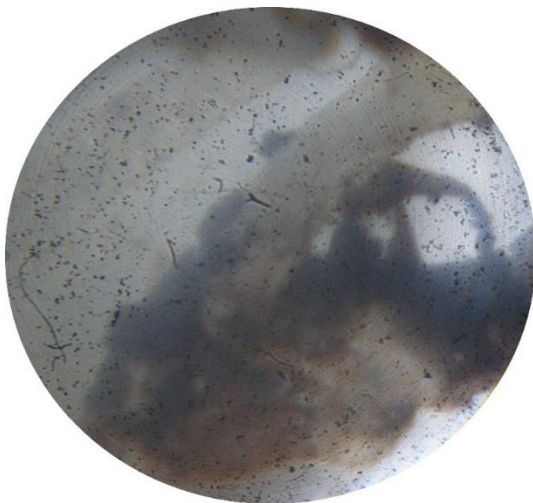


Μία ψηφιακή φωτογραφία σπόρων πετούνιας στο μικροσκόπιο

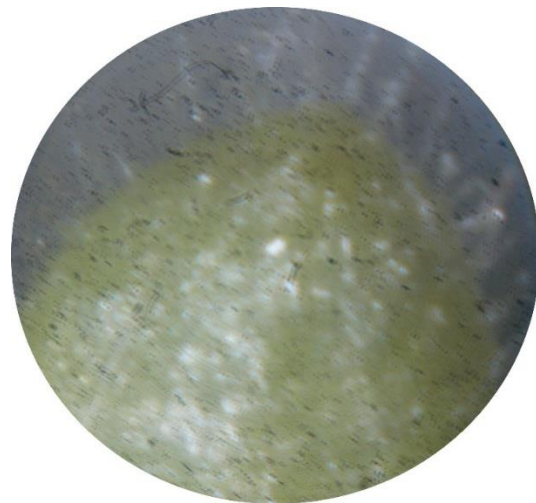


Ένα σκίτσο παιδιού για τους σπόρους πετούνιας

Τα παιδιά συνέχισαν να παρατηρούν **μέρη του φυτού της πετούνιας**, που μετέφεραν στην τάξη από το θερμοκήπιο. Ένα παιδί, που παρατηρούσε το φύλλο μιας πετούνιας, κατέγραψε ότι ήταν πολύ παράξενο, αφού «*οι πετούνιες είναι όμορφα φυτά, αλλά ποτέ δεν ξέρεις τι κρύβουν. Τα φύλλα τους έχουν πολλές μικρές άσπρες τριχούλες στην επιφάνειά τους και γυαλίζουν καθώς βαίνουν έξω από το φύλλο, αλλά επίσης φαίνονται και λίγο διαφανείς*». Ένα άλλο παιδί έγραψε: «*οι ρίζες της πετούνιας μου μοιάζουν σα χέρια με δάχτυλα, με κάτι χώματα που έχουν τριχούλες. Οι ρίζες είναι πολύ μικρές και λεπτές, αλλά μπορώ να τις δω καθαρά*».



Μία ψηφιακή φωτογραφία με ρίζες πετούνιας με χώμα



Μία ψηφιακή φωτογραφία της μύτης ενός «τριχωτού» φύλλου πετούνιας

7.3. Μελέτες μικροσκοπίου για έντομα όπως μυρμήγκια και ισόποδα

Η επόμενη διερεύνηση ήταν πάνω στα έντομα, μια «**εντομομελέτη**», όπως είναι ένας δημιουργικός όρος που έχει χρησιμοποιηθεί (Blöbaum, 2005) και τον ανέφεραν επίσης τα παιδιά. Ο Hooke είχε κάνει αρκετές μελέτες στα έντομα στη *Micrographia*, αλλά μία από τις πιο περιγραφικές και συνάμα πιο οικεία για τα

παιδιά της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, ήταν εκείνη του **μυρμηγκιού**. Αναφέρει ότι δυσκολεύτηκε να βρει ένα τρόπο για να κρατήσει το μυρμήγκι σταθερό κάτω από το μικροσκόπιο για παρατήρηση. Έχοντας συλλέξει μερικά μυρμήγκια σε ένα μικρό κουτί, γράφει: «διάλεξα το πιο καλοθρεμμένο ανάμεσά τους και, διαχωρίζοντάς το από τα άλλα, του έδωσα λίγο κονιάκ ή οινόπνευμα, το οποίο έπειτα από λίγο το έθεσε κάτω μεθυσμένο έτσι, ώστε έμεινε ακίνητο, αν και αρχικά πάλεψε για κάμποσο, μέχρι που στο τέλος έβγαλε μπουρμπουλήθρες από το στόμα του και σταμάτησε να κινείται». Έπειτα, μπόρεσε να βάλει το μυρμήγκι κάτω από το μικροσκόπιο και να το μελετήσει (βλ. εικ. 4), αν και μετά από καμιά ώρα περίπου, «ξαφνικά, λες και ξυπνούσε από ένα μεθυσμένο ύπνο, απότομα ξαναζωντάνευε και το έβαζε στα πόδια». Κατέγραψε ότι αυτό ήταν πιθανό να συμβεί μερικές φορές ακόμα, οπότε μπορούσε να μελετήσει το έντομο, χωρίς να το σκοτώσει.

Τα παιδιά βρήκαν την όλη διαδικασία λίγο παράξενη στην αρχή, αλλά εξελίχτηκε σε μάλλον συναρπαστική λίγο αργότερα, όταν είχαν να αντιμετωπίσουν ακριβώς το ίδιο πρόβλημα στη δική τους μελέτη του μυρμηγκιού. Έτσι, πήγαν στον κήπο για να «κυνηγήσουν» μυρμήγκια και να τα βάλουν σε μικρά πλαστικά κεσεδάκια με λοσιόν οινόπνευματος. Παραλήρησαν ότι τα μυρμήγκια ήταν αναισθητα έπειτα από μια δεκάλεπτη παραμονή μέσα στη λοσιόν οινόπνευματος, έτοιμα για να τα πάρουν και να τα βάλουν κάτω από το μικροσκόπιο για εξέταση. Ως εκ θαύματος, τα περισσότερα από αυτά «αναστήνονταν» μετά από 20 με 30 λεπτά και άρχιζαν να περπατάνε. Μ' αυτό τον τρόπο, τα περισσότερα παιδιά κατάφεραν να μελετήσουν με ενθουσιασμό τα μυρμήγκια, τόσο σε μια σταθερή θέση όσο και εν κινήσει.



Μία ψηφιακή φωτογραφία ενός μυρμηγκιού που συγκρατείται από μια οδοντογλυφίδα

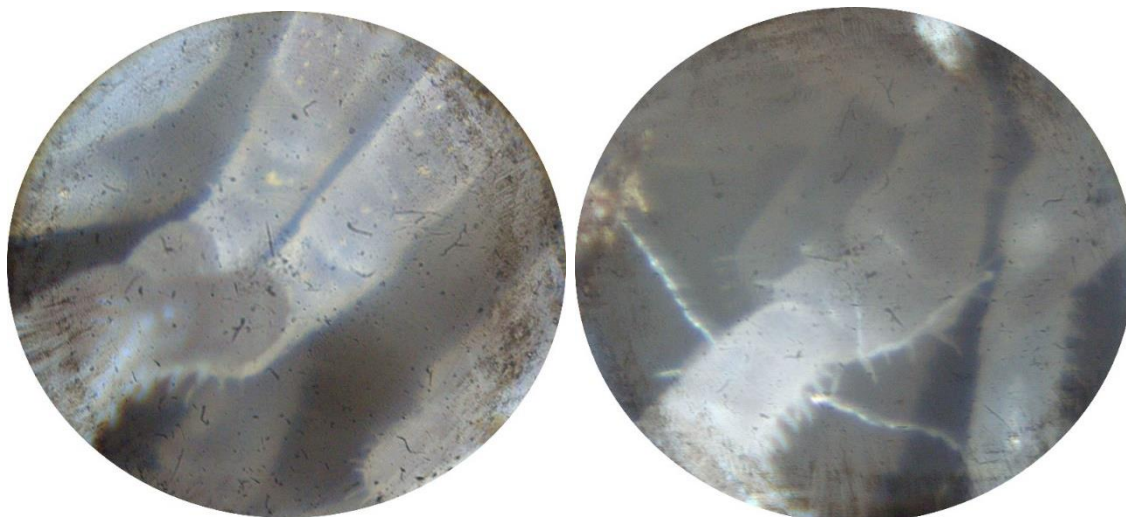


Ένα σκίτσο παιδιού, με γράμματα σε διάφορα μέρη του σώματός του για την περιγραφή τους στο κείμενο

Ένα παιδί αναφέρει ότι «το μυρμήγκι ήταν αρκετά δύσκολο να το σχεδιάσω, καθώς δεν στεκόταν στη θέση του. Στην αρχή έβαλα το μυρμήγκι στο οινόπνευμα. Καθώς το

έβγαζα το μυρμήγκι, έβγαζε μπουρμπουλήθρες από το στόμα του και μετά «κοιμόταν». Όταν έβγαλα το μυρμήγκι από το οινόπνευμα, μετά από λίγη ώρα ξυπνούσε ζαλισμένο και έφευγε. Το σχήμα του κεφαλιού του είναι τριγωνικό, ενώ τα μάτια του προεξέχουν προς τα έξω. Το κεφάλι του έχει δύο οδοντωτά σαγόνια τα οποία μπορούν να χάσκουν σε μεγάλο πλάτος. Επίσης στο μπροστινό μέρος του κεφαλιού υπάρχουν δύο κέρατα. Το μεγαλύτερο μέρος του σώματός του είναι η κοιλιά του, η οποία είναι συνδεδεμένη με τα πόδια του με μια λεπτή μέση. Συνολικά, ήταν ένα πολύ παράξενο έντομο κάτω από το μικροσκόπιο και μου έκανε μεγάλη εντύπωση όταν το είδα για πρώτη φορά τόσο μεγάλο».

Τα παιδιά αποφάσισαν να μελετήσουν ένα επίσης συνηθισμένο έντομο του κήπου, το οποίο ήταν το **ισόποδο (Armadillidium nasatum)**. Ήξεραν ότι θα έβρισκαν τα ισόποδα σε σκοτεινά και υγρά μέρη, κάτω από πέτρες ή γρασίδι. Έτσι, βγήκαν τώρα στον κήπο για «κυνήγι» ισόποδων, τα οποία επίσης συνέλεξαν μέσα σε πλαστικά κεσεδάκια με λοσιόν οινόπνευματος. Παρόμοια με τα μυρμήγκια, τα ισόποδα «αναισθητοποιούνταν» για λίγο, αλλά μετά από 15 περίπου λεπτά ξαναζωντάνευαν. Τα παιδιά παρατήρησαν το ισόποδο ολόκληρο, αλλά και μέρη του όπως τα πόδια του, το κεφάλι κλπ.



Τα πόδια των υπό μελέτη ισόποδων

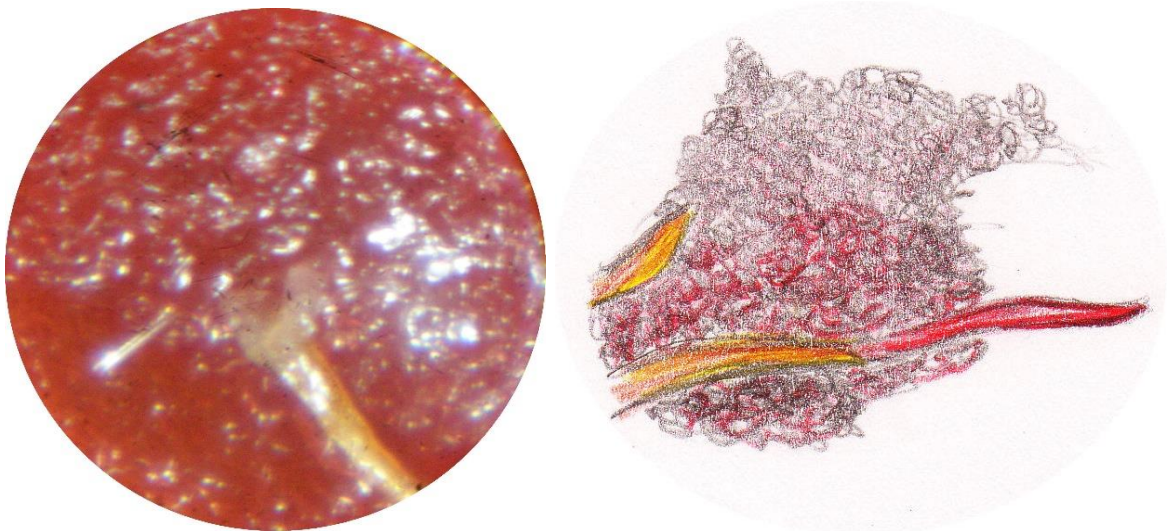
Ένα παιδί, περιγράφοντας το ισόποδο αναφέρει ότι «είναι σαν ένα έντομο που φορά πανοπλία πάνω του. Το σώμα του μου θυμίζει επίσης μια σκάλα, που με προκαλεί να ανέβω τα σκαλοπάτια της. Το μπροστινό του μέρος έχει δύο κέρατα που φαίνεται να έχουν κάτι σαν αρθρώσεις. Υπάρχει επίσης κάτι που μοιάζει με στόμα μπροστά στο κεφάλι, αλλά και κάτι σα μια ουρά στο πίσω μέρος. Ένα πραγματικά παράξενο έντομο!».



Σκίτσο από ισόποδο με λεπτομέρεια στα πόδια

7.4. Μία ελεύθερη μελέτη

Μέχρι αυτή τη χρονική στιγμή, τα παιδιά είχαν διεξάγει αρκετές διερευνήσεις και είχαν αναπτύξει ειδικά ενδιαφέροντα για διάφορους οργανισμούς, φυτά και έντομα, τα οποία επιθυμούσαν να εξετάσουν πιο επισταμένα. Έτσι, βγήκαν έξω στον κήπο για άλλη μια φορά, προκειμένου να συλλέξουν δείγματα για να τα εξετάσουν κάτω από τα μικροσκόπιά τους. Έφεραν πίσω διάφορα είδη φύλλων και λουλουδιών, αλλά επίσης πολλά είδη εντόμων, από μέλισσες μέχρι αράχνες κλπ. Τα παρατήρησαν και δημιούργησαν τα δικά τους φύλλα εργασίας για το τέλος.



Φωτογραφία και σκίτσο βατόμωρου, με «κάτι μικρά κίτρινα κέρατα να περισσεύουν»

Ένα παιδί, για παράδειγμα, περισυνέλλεξε και παρατήρησε ένα **βατόμωρο** και εντυπωσιάστηκε από το «φωτεινό κόκκινο χρώμα του, το οποίο μοιάζει με μια μικρή κόκκινη μπάλα με κάτι μικρά κίτρινα κέρατα να περισσεύουν έξω από αυτή».

Παρατηρώντας τα καλύτερα είδα ότι μοιάζουν με μεγάλες κίτρινες τρίχες όταν τις δούμε μεγεθυμένες στο μικροσκόπιο».

8. Εμπόδια και αναστοχασμοί για τη διδασκαλία και μάθηση με μελέτες μικροσκοπίου

Φαίνεται ότι τα παιδιά εμπλέκονται νοητικά και συναισθηματικά στις μελέτες με το μικροσκόπιό τους και καθοδηγούνται από ένα είδος εσωτερικής δέσμευσης στις διερευνήσεις και στις παρατηρήσεις τους. Το πλαίσιο της διερεύνησης, όπως προσεγγίζεται μέσα από τα κείμενα του Hooke, φαίνεται να αποκτά στοιχεία σκοπιμότητας με αυξημένο ενδιαφέρον για την έκβαση και καταγραφή των παρατηρήσεων. Κατά τη διαδικασία καταγραφής, οι παρατηρήσεις και οι περιγραφές προκύπτουν άμεσα και αβίαστα, ενώ το όλο πλαίσιο της δραστηριότητας φαίνεται να ενισχύει την παραγωγή κειμένου και σκίτσων.

Τα κείμενα που προκύπτουν φαίνεται συχνά να έχουν απαρχές από τα αντίστοιχα του Hooke, όμως παράλληλα αναπτύσσονται και εμπλουτίζονται, μέσα στο πεδίο εξέλιξης της γλώσσας και της επικοινωνίας που αναπτύσσουν τα παιδιά. Τα σκίτσα, είτε απλά είτε πιο σύνθετα και περιγραφικά, φαίνεται να καταγράφονται με ενδιαφέρον και θέληση από τα παιδιά, διότι υποστηρίζουν ότι επιθυμούν να δουλέψουν με ένα «επιστημονικό» τρόπο, όπως έκανε και ο Hooke. Ακόμα και αν κάποια παιδιά δεν τα καταφέρνουν καλά στα σκίτσα, σχεδιάζουν κάτι αρχικά και στη συνέχεια προσπαθούν να το περιγράψουν και λεκτικά.

Φαίνεται ότι το όλο πλαίσιο της διερεύνησης ενέχει στοιχεία αυθεντικότητας και τα παιδιά μπαίνουν στη διαδικασία να «κάνουν επιστήμη» τα ίδια. Απομυθοποιείται ο χαρακτήρας της επιστήμης και γίνεται μια καθημερινή δραστηριότητα, με ένα όργανο (μικροσκόπιο), που κατασκευάστηκε από τα παιδιά με απλά υλικά και φαίνεται να τα εντάσσει «φυσιολογικά» σε ένα πλαίσιο επιστημονικής μελέτης και διερεύνησης.

9. Περαιτέρω πληροφορίες

- *Micrographia* πλήρες κείμενο και σκίτσα σε υψηλή ανάλυση στο [Project Gutenberg](#)
- Ένα [site](#) για τον Robert Hooke
- Robert Hooke στο [wikipedia](#)
- [The Inspirational Father of Modern Science in England? ... ο Robert Hooke](#)

Ενδεικτική βιβλιογραφία

- Blobaum, C.** (2005) *Insectigations: 40 hands-on activities to explore the insect world*. Chicago: Chicago Review Press.
- Bradbury, S.** (1967). *The Evolution of the Microscope*. Pergamon Press Ltd, Oxford, London.
- Burgan, M.** (2008). *Robert Hooke: Natural Philosopher and scientific explorer*. Compass Point Books: Minneapolis, Minnesota.
- Hooke, R.** (1665). *Micrographia*. Royal Society, London.
- Inwood, S.** (2003). *The forgotten genius: The biography of Robert Hooke 1635-1703*. MacAdam/Cage.
- Jardine, L.** (2004). *The curious life of Robert Hooke*. HarperCollins Publishers Inc.: NY.
- Klentschy M.** (2008). *Using Science Notebooks in elementary classrooms*. NSTA Press: Arlington, Virginia.
- Martin, D.J.** (2009). *Elementary Science Methods: A constructivist approach*. Thomson Wadsworth.
- Purrrington, R.D.** (2009). *The First Professional Scientist: Robert Hooke and the Royal Society of London*. Birkhäuser Verlag AG.
- Vannoni M., Buah-Bassuah P. K. & Molesini G.** (2007). Making a microscope with readily available materials. *Physics Education*, 42(4): 385-390.
- Vannoni M. & Molesini G.** (2006). *Constructing a microscope*. Istituto e Museo di Storia della Scienza, Florence, Italy.
- [cf. URL:
< <http://brunelleschi.imss.fi.it/esplora/microscopio/dswmedia/risorse/erisorse.html> >].
- Wilson, C.** (1995). *The invisible world: Early modern philosophy and the invention of the microscope*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

Το παρακάτω βίντεο απεικονίζει όψεις των μελετών μικροσκοπίου που έκαναν τα παιδιά διερευνώντας τα "μυρμήγκια" και τα "ισόποδα". Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τα έβαζαν σε διάλυμα από λοσιόν οινόπνεύματος για να τα "ακινητοποιήσουν". Αλλά, μετά από λίγο "ξυπνούσαν και άρχιζαν να κινούνται", με τον τρόπο που μπορείτε να δείτε στο βίντεο ...

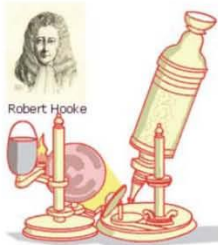
Nektarios Tsagliotis ntsag@edc.uoc.gr

University of Crete, Department of Primary Education

Science Laboratory for Primary Education at the 9th Primary School of Rethymno

A set of six+one worksheets have been used in this case for microscope studies. They are presented in Greek below.

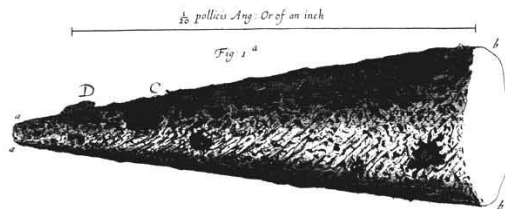
Worksheet 1: The point of a needle



Κείμενα σε διασκευή από το βιβλίο *Micrographia* του Robert Hooke (1665)

Σχετικά με τη μύτη μιας λεπτής βελόνας

«Θα ξεκινήσουμε πρώτα τις διερευνήσεις μας με τις παρατηρήσεις σωμάτων που είναι απλά στη φύση τους και σιγά-σιγά θα προχωρήσουμε σε πιο σύνθετα. Με αυτή τη μέθοδο, θα ξεκινήσουμε με ένα φυσικό σημείο και θα πάρουμε τη μύτη της βελόνας, το οποίο είναι κοινά παραδεκτό ως τέτοιο [σημείο]. Το μεγαλύτερο μέρος της [μύτης] είναι τόσο αιχμηρό, ώστε το μάτι δεν μπορεί πραγματικά να διακρίνει κάποιο από τα μέρη της. Πολύ εύκολα τρυπά και διανοίγει όλα τα σώματα που είναι πιο μαλακά από αυτή ...



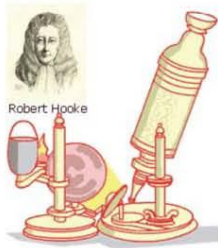
Αλλά, αν τη δούμε με ένα καλό μικροσκόπιο, βρίσκουμε ότι η μύτη της βελόνας (αν και την αισθανόμαστε πολύ αιχμηρή), φαίνεται ως ένα φαρδύ, αμβλύ και ακανόνιστο άκρο. Δε μοιάζει με κώνο, όπως φανταζόμαστε, αλλά μόνο με ένα κομμάτι αιχμηρού σώματος, του οποίου ένα μεγάλο κομμάτι της κορυφής του έχει αφαιρεθεί, ή είναι ελλίπες ...

Η εικόνα που εκθέτουμε στο παραπάνω σχήμα δείχνει τη μύτη μιας μικρής και πολύ αιχμηρής βελόνας, της οποίας το άκρο (aa) μέσα από το μικροσκόπιο φαινόταν παρ' όλα αυτά πάνω από 1/4 της ίντσας φαρδύ, ούτε στρογγυλό ούτε επίπεδο, αλλά ακανόνιστο και τραχύ ... Η επιφάνειά της, αν και φαίνεται πολύ λεία με το μάτι, δεν μπορούσε παρ' όλα αυτά να κρύψει ένα πλήθος από τρύπες, γρατζουνιές και χαραγματιές, όπως ανακαλύφθηκαν με το μικροσκόπιο, πολλές από αυτές (όπως οι A, B, C έμοιαζαν τρύπες που έγιναν από σημάδια σκουριάς και το D ένα τυχαίο σώμα που κόλλησε πάνω της) ήταν περιστασιακές. Όλα τα υπόλοιπα, που έκαναν τραχιά την επιφάνεια, ήταν σημάδια βιαιότητας και κακοφτιαξίματα της τέχνης».

Ας παρατηρήσουμε κι εμείς τη μύτη μιας βελόνας στο μικροσκόπιο. Μπορούμε να φτιάξουμε ένα σκίτσο και να γράψουμε μια περιγραφή, όπως έκανε και ο Hooke;



Worksheet 2: The study of a dot



Κείμενα σε διασκευή από το βιβλίο *Micrographia* του Robert Hooke (1665)

Παρατήρηση ενός σημείου που λέγεται τελεία ή περίοδος

«Για το σκοπό αυτό παρατήρησα πολλές τυπωμένες και χειρόγραφες τελείες και ανάμεσα στο πλήθος βρήκα λίγες από αυτές να είναι περισσότερο στρογγυλές και κανονικές από αυτή που έχω σκιαγραφήσει στην παρακάτω εικόνα, αλλά οι περισσότερες ήταν αρκετά παραμορφωμένες αν και φαινόταν το ίδιο στρογγυλές στο μάτι ...

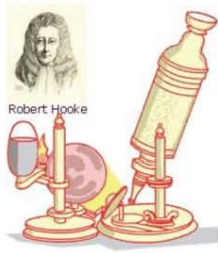


Το ακανόνιστο σχήμα της προκαλείται με τη βοήθεια τριών ή τεσσάρων παραγόντων, ένας από τους οποίους είναι η τραχιά επιφάνεια του χαρτιού, το οποίο στην καλύτερη περίπτωση φαίνεται σαν ένα κομμάτι τραχύμαλλο ύφασμα. Έπειτα είναι το ακανόνιστο σχήμα του τυπογραφικού στοιχείου ή της γραφής και τρίτο το τραχύ πασάλειμμα του μελανιού που υπάρχει πάνω στο εργαλείο που κάνει την εκτύπωση. Σε όλα αυτά, προσθέστε την ποικιλία που προέρχεται από το φωτισμό και τις σκιές και θα έχετε αρκετούς λόγους να φανταστείτε ότι μία κουκίδα μπορεί να φαίνεται περισσότερο άσχημη από αυτή που παρουσίασα, η οποία αν και μέσα από το γκρίζο του μικροσκοπίου φαινόταν σαν μια μεγάλη πιτσιλιά Λονδρέζικης λάσπης, πάνω από τρεις ίντσες, ωστόσο στο γυμνό μάτι ήταν μαύρη και όχι μεγαλύτερη από εκείνη που βρίσκεται στο κέντρο του κύκλου A».

Ας παρατηρήσουμε κι εμείς μερικές τυπωμένες και χειρόγραφες τελείες στο μικροσκόπιο. Μπορούμε να φτιάξουμε ένα σκίτσο και να γράψουμε μια περιγραφή, όπως έκανε και ο Hooke;



Worksheet 3: Seeds of thyme



Κείμενα σε διασκευή από το βιβλίο *Micrographia* του Robert Hooke (1665)



Οι σπόροι του θυμαριού



Αυτά τα όμορφα φρούτα που παρουσιάζονται στην εικ. 18 δεν είναι τίποτε άλλο από 9 ξεχωριστοί σπόροι θυμαριού. Είναι όλοι τους σε διαφορετική στάση, τόσο στο μάτι όσο και στο φως, δεν έχουν όλοι ακριβώς το ίδιο σχήμα και υπάρχει μία μεγάλη ποικιλία τόσο στον όγκο όσο και στη μορφή του κάθε σπόρου. Αλλά, όλοι συμφωνούν σε αυτό, ότι όταν τους δούμε μέσα από ένα μικροσκόπιο, ο καθένας τους μοιάζει με ένα λεμόνι ή πορτοκάλι αποξηραμένο, και αυτό έχει να κάνει τόσο με το σχήμα όσο και με το χρώμα. Μερικοί είναι λίγο πιο στρογγυλοί στο σχήμα ενός πορτοκαλιού, όπως ο A και ο B. Ο καθένας τους έχει ένα εμφανές μέρος από το οποίο συνδέονταν με το μικρό τους στέλεχος (κοτσάνι) και ο ένας από τους δύο έχει ακόμα ένα κομμάτι κοτσάνι πάνω του. Το απέναντι μέρος του σπόρου, το οποίο αντιλαμβάνεστε ξεκάθαρα από την εικόνα, είναι πολύ πεταχτό και προεξέχων, όπως είναι πολύ συνηθισμένο στα λεμόνια. Οι προεξοχές αυτές φαίνονται στους D, E και F σπόρους. Καθένας τους έμοιαζε λίγο ζαρωμένος ή ρυτίδιασμένος, αλλά ο E ήταν ευδιάκριτα αυλακωμένος, λες και το φτιάξιμο αυτού του σπόρου τον έκανε να μοιάζει επίσης με εκείνον του λεμονιού [το κουκούτσι] ...

Ας παρατηρήσουμε κι εμείς σπόρους θυμαριού στο μικροσκόπιο. Μπορούμε να φτιάξουμε ένα σκίτσο και να γράψουμε μια περιγραφή, όπως έκανε και ο Hooke;



Worksheet 4: Petunia seeds and plant



Κείμενα σε διασκευή από το βιβλίο
Micrographia
του Robert Hooke (1665)

Παρατήρηση σπόρων και
φυτού πετούνιας



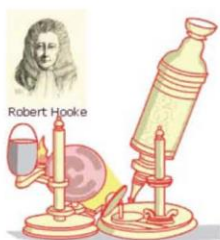
Ας παρατηρήσουμε **σπόρους πετούνιας** στο μικροσκόπιο. Μπορούμε να φτιάξουμε ένα σκίτσο και να γράψουμε μια περιγραφή;



Ας παρατηρήσουμε **μέρη του φυτού της πετούνιας** (βλαστό, φύλλα, άνθη ...) στο μικροσκόπιο. Μπορούμε να φτιάξουμε ένα σκίτσο και να γράψουμε μια περιγραφή;

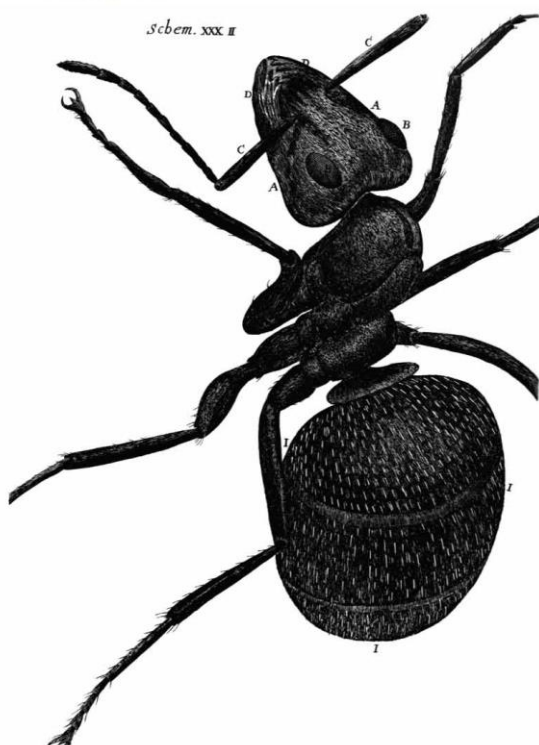


Worksheet 5: The study of an ant page 1



Κείμενα σε διασκευή από το βιβλίο *Micrographia* του Robert Hooke (1665)

ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟ ΜΥΡΜΗΓΚΙ



«Αυτό ήταν ένα πλάσμα, πολύ πιο δύσκολο να το ζωγραφίσω από τα άλλα, γιατί για κάμποσο καιρό δεν μπορούσα να σκεφτώ έναν τρόπο να κάνω το σώμα του να σταματήσει ακίνητο σε μια φυσική στάση. Ενώ ήταν ζωντανό, εάν δέσμευα τα πόδια του σε κερί ή κόλλα, θα έστριβε και θα μάζευε το σώμα του και δε θα μπορούσα με κάποιο τρόπο να το κοιτάξω καλά. Και εάν το σκότωνα, το σώμα του ήταν τόσο μικρό που συχνά χαλούσα το σχήμα του πριν μπορέσω να το κοιτάξω προσεχτικά ...

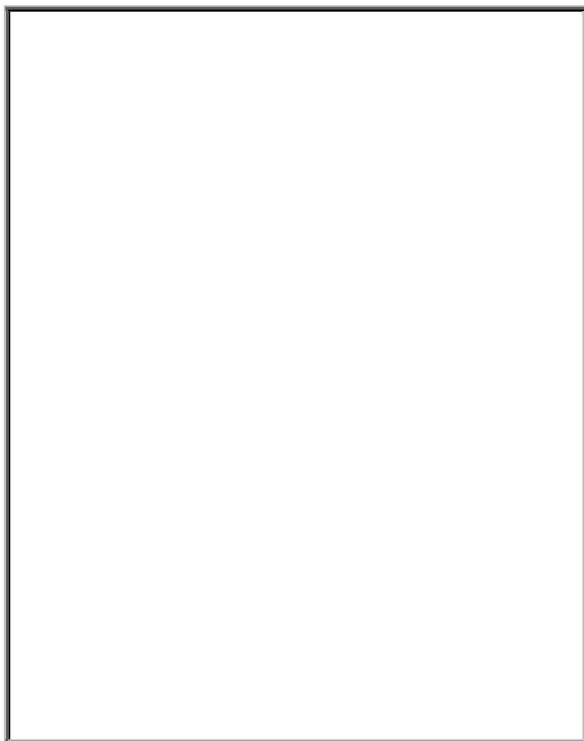
Έχοντας παγιδεύσει πολλά μυρμήγκια σε ένα μικρό κουτί, διάλεξα το πιο καλοθερμμένο ανάμεσά τους και, διαχωρίζοντάς το από τα άλλα, του έδωσα λίγο κονιάκ ή οινόπνευμα, το οποίο έπειτα από λίγο το έθεσε κάτω μεθυσμένο έτσι, ώστε έμεινε ακίνητο, αν και αρχικά πάλεψε για κάμποσο, μέχρι που στο τέλος έβγαλε μπουρμπουλήθρες από το στόμα του και σταμάτησε να κινείται. Επειδή είχα βρει πιο πριν ότι ανέκαμπταν [τα μυρμήγκια] γρήγορα εάν τα έβγαζα σύντομα [από το οινόπνευμα], το άφησα για μία ώρα μέσα στο οινόπνευμα. Και αφού το έβγαλα έξω και έβαλα το σώμα του και τα πόδια του σε μια φυσική στάση, παρέμεινε ακίνητο για περίπου μια ώρα, αλλά μετά ξαφνικά, λες και ξυπνούσε από ένα μεθυσμένο ύπνο, απότομα ξαναζωντάνευε και το έβαζε στα πόδια ...

Το πλάσμα που φαίνεται μέσα από το μικροσκόπιο στο σχήμα 32 ... είχε ένα μεγάλο κεφάλι AA, στο πάνω μέρος του οποίου υπήρχαν δύο προεξέχοντα μάτια, που έμοιαζαν με πέρλες, όπως τα μάτια της μύγας, αλλά μικρότερα BB. Έξω από τη μύτη ή από το πιο μπροστά μέρος, έβγαιναν δύο κέρατα CC, με ένα σχήμα αρκετά διαφορετικό από εκείνα της μπλε μύγας, αν και πράγματι φαίνεται να είναι το ίδιο είδος οργάνου που εξυπηρετεί ένα είδος όσφρησης. Κάτω από αυτά υπήρχαν δύο οδοντωτά σαγόνια DD, τα οποία άνοιγαν προς τα πλάγια και μπορούσε [το μυρμήγκι] να χάσκει σε μεγάλο πλάτος και με το καθένα ξεχωριστά. Τα άκρα τους ήταν εξοπλισμένα με δόντια, τα οποία όταν συνενώνονταν έμπαινε το ένα μέσα στο άλλο και ήταν ικανό να αρπάξει και να συγκρατήσει ένα βαρύ σώμα, τρεις με τέσσερις φορές τον όγκο και το βάρος του σώματός του. Είχε μόνο έξι πόδια με σχήμα όπως εκείνα της μύγας ...

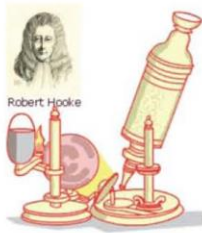
Το τρίτο και τελευταίο μέρος του σώματός του III ήταν μεγαλύτερο και πλατύτερο από τα άλλα δύο, με τα οποία συνενωνόταν με μία λεπτή μέση και είχε ένα είδος χαλαρού κελύφους, ή ένα άλλο διαφορετικό μέρος του σώματός του H, το οποίο φαινόταν να παρεμβάλλεται και να εμποδίζει την επαφή του θώρακα με την κοιλιά.

Όλο το σώμα περιβαλλόταν με μια ισχυρή πανοπλία και η κοιλιά III καλυπτόταν παρόμοια με ένα πλήθος από μικρές, άσπρες και γυαλιστερές τρίχες. Τα πόδια, τα κέρατα, το κεφάλι και τα μεσαία μέρη του σώματός του ήταν καλυμμένα με τρίχες, αλλά μικρότερες και πιο σκούρες.

Ας παρατηρήσουμε κι εμείς ένα μυρμήγκι στο μικροσκόπιο. Μπορούμε να φτιάξουμε ένα σκίτσο και να γράψουμε μια περιγραφή, όπως έκανε και ο Hooke;

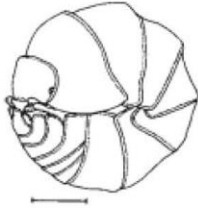
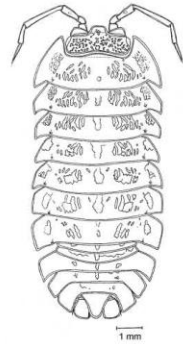


Worksheet 6: The study of an isopod

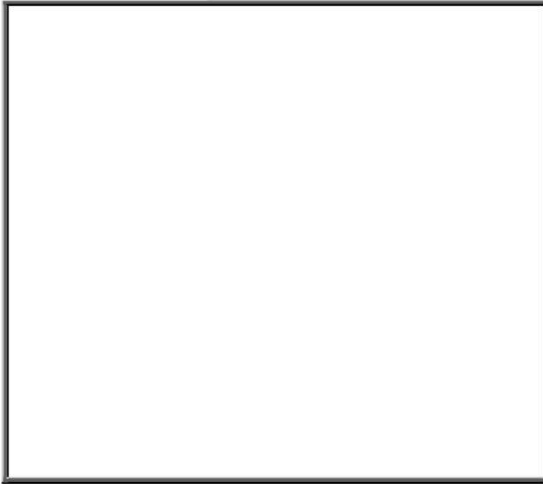


Κείμενα σε διασκευή από το βιβλίο
Micrographia
του Robert Hooke (1665)

Παρατήρηση του χερσόβιου ισόποδου



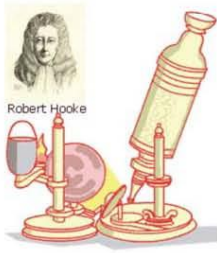
Ας παρατηρήσουμε ένα αρθρόποδο που το συναντάμε συχνά στον κήπο μας και λέγεται **χερσόβιο ισόποδο**, αν και εσείς συχνά το λέτε χαϊδευτικά «γουρουνίτσα». Το επιστημονικό του όνομα είναι **Armadillidium nasatum** και του αρέσει να κρύβεται σε σκιερά και υγρά μέρη του κήπου. Όταν αισθανθεί κίνδυνο κουλουριάζεται και γίνεται μια μπαλίτσα που καταρakuλά πάνω στο χώμα. Μπορούμε να το κοιτάξουμε στο μικροσκόπιο, να φτιάξουμε ένα σκίτσο και να γράψουμε μια περιγραφή;



Ας παρατηρήσουμε **μέρη του χερσόβιου ισόποδου** (κεφάλι, ουρά, πόδια ...) στο μικροσκόπιο. Μπορούμε να φτιάξουμε ένα σκίτσο και να γράψουμε μια περιγραφή;



Worksheet 7: A free study



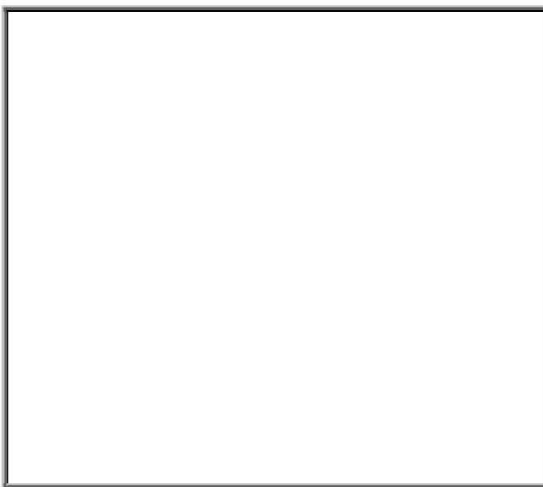
Κείμενα σε διασκευή από το βιβλίο *Micrographia*
του Robert Hooke (1665)

Μια ελεύθερη παρατήρηση

Ας παρατηρήσουμε



Ας παρατηρήσουμε **μέρη του**



The above set of six+one worksheets, which have been used in this case for microscope studies, can also be downloaded as a .pdf file [here](#).

Τα παραπάνω Φύλλα Εργασίας, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή τη μελέτη, μπορείτε επίσης να τα κατεβάσετε σε αρχείο .pdf από [εδώ](#).